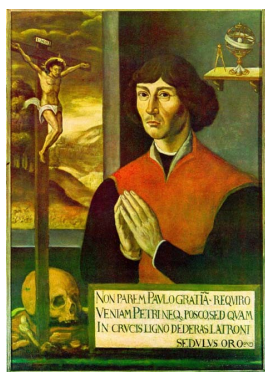
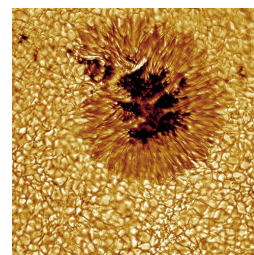
EAN– European Astrosky Network

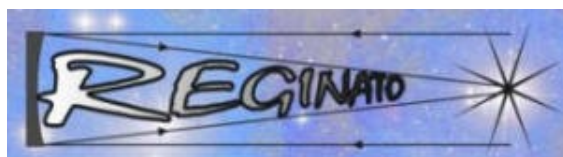
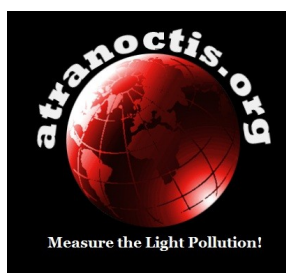
n. 16, gennaio-febbraio 2013

Webzine gratuita
www.eanweb.com
info@eanweb.com

ASTRONOMIA & INFORMAZIONE

INDICE

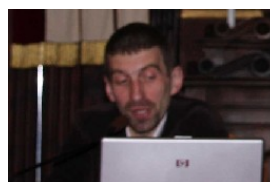
- M. Dho, *Procedure automatiche e opzioni avanzate per l'acquisizione e la riduzione di dati astronomici* (parte III), p. 4
- G. Vanin, *Non è colpa dei Maya*, p. 12
- A. Giostra, *I presupposti della teoria copernicana*, p. 18
- F. Giubbilini, *Operazione Cieli Bui*, p. 24
- C. Guaita, *Il risveglio del Centro Galattico*, p. 28
- L. Brandi, *Il Ciclo Solare*, p. 35
- M. Martellini, *L'osservazione visuale delle comete*, p. 48
- R. Ligustri, *Fotometria cometaria CCD con stella di confronto*, p. 56
- R. Ligustri, *Rassegna delle comete luminose nel 2013*, p. 65
- F. Falchi, P. Cinzano, *La tomografia dell'atmosfera*, p. 70
- S. Tocchio, *Astroclown, un modo divertente per fare astronomia*, p. 72
- G.B. Casalnuovo, *Rotazione e diametro dell'asteroide 4613 Mamoru*, p. 74
- S. Donati, *L'asteroide 21891 Andreabocelli*, p. 82
- R. Calanca, *L'asteroide 100553 Dariofo* p. 84

REDAZIONE

Direttore editoriale: Rodolfo Calanca, rodolfo.calanca@gmail.com
Co-direttore: Angelo Angeletti, angelo.angeletti@virgilio.it
Redattore responsabile: Manlio Bellesi, manlio.bellesi@libero.it
Redattore: Lorenzo Brandi, lbrandi.fi@gmail.com
Responsabile dei servizi web: Nicolò Conte tecnonico@gmail.com

PROGETTI EAN

EDITORIALE A CURA DELLA REDAZIONE EAN

L'inizio del nuovo anno è stato caratterizzato da una sequela di eventi astronomici che hanno fatto parlare i "media" di tutto il mondo. Gli ultimi fatti, in ordine di tempo (a pochi giorni dall'uscita di questo numero della Rivista), sono il passaggio ravvicinato dell'asteroide 2012 DA14 (p. 81) e la pioggia di meteoriti che è caduta su una vasta area della Russia centrale, provocando oltre mille feriti (dei quali 200 bambini), alcuni molto gravi.

L'oggetto che si è frantumato nei cieli della Siberia pare che fosse un asteroide "killer". Tali oggetti hanno una taglia compresa tra i 10 e i 50 metri, dimensioni, queste ultime, che sono dello stesso ordine di grandezza dell'evento Tunguska. Anche se non è molto probabile che un Tunguska-class possa colpire il nostro pianeta nel prossimo decennio, sarebbe però assai imbarazzante, per la comunità astronomica, se ciò avvenisse, in barba alle probabilità, senza che vi sia stato, prima, alcun serio tentativo per cercare di individuarne l'esistenza! L'impatto di un Tunguska—class avrebbe un effetto catastrofico almeno a livello locale, con un'energia sprigionata equivalente all'esplosione di una bomba termonucleare di 10 megaton (500 volte la bomba di Hiroshima). Un progetto finalizzato all'identificazione, pre-collisione, di queste grosse "pietre cosmiche" deve basarsi su di un'analisi preliminare tesa a determinare la frequenza statistica d'impatto di un asteroide Killer delle dimensioni di D = 10 metri, che, dai calcoli, dovrebbe avvenire una volta ogni dieci anni. Un simile oggetto, in rotta di collisione con la Terra, in 24 ore copre una distanza pari a 4LD (LD, Lunar Distance), ad una velocità di 20 Km/s. Questo è un intervallo di tempo molto ridotto per segnalare il pericolo di un impatto. La magnitudine apparente V di un oggetto con diametro D (in metri) e collocato in direzione del punto anti-solare e ad una distanza d (AU), si stima con questa espressione: $V \sim 18-5\log[(D/10m)x(0.01\ AU/d)]$, dove AU è la distanza in unità astronomiche. Una stima della magnitudine deve tenere conto che la Luna piena ha magnitudine -12.3 e che una roccia di 10 metri alla distanza della Luna ha V = 15, assumendo che il suo albedo sia simile a quello lunare. Per individuare da Terra un asteroide Killer le migliori condizioni si hanno quando la Luna è piena. Ai quarti di Luna la luminosità apparente dell'asteroide è minore di dieci volte mentre diviene invisibile del tutto durante la Luna nuova. La Terra però è costantemente bombardata da tutte le direzioni. Una soluzione è sicuramente quella di collocare nel punto lagrangiano L1 un Osservatorio con il compito di monitorare gli asteroidi Killer. Allo stesso tempo, sarebbe opportuno attivare, sulla superficie terrestre, una sorveglianza costante del cielo (anche con il contributo attivo degli astrofili), condotta da alcune decine di piccoli Osservatori (diametro telescopio <50cm). Tutto ciò, secondo la NASA, servirebbe per individuare tutti e 20000 asteroidi "killer" in potenziale rotta di collisione con la Terra.

LA REDAZIONE DI ASTRONOMIA NOVA

Da sinistra: Rodolfo Calanca, Angelo Angeletti, Manlio Bellesi, Lorenzo Brandi, Nicolò Conte

PROCEDURE AUTOMATICHE E OPZIONI AVANZATE PER L'ACQUISIZIONE E LA RIDUZIONE DI DATI ASTRONOMICI

Un direttore d'orchestra che coordina un insieme di applicazioni indicando i tempi, gli ingressi e le dinamiche di un'intera sessione osservativa automatica

(parte III)

Mario Dho
dhomario@alice.it

Abstract
By means of ASCOM (Astronomy Common Object Model) components, two different interfaces guide the astronomical instruments assigned for the acquisition of digital images. To edit scripts, either in VB (.vbs) or Java (.js), executable through a specially designed panel; methods and properties to program robotic procedures, as well as to execute series of commands qualified for reducing astronomical data and their eventual use intended to automatically create graphics, light curves, etc. An optional plug-in called ATN (Automatic Telescope Network), allows to outline and carry out the direct connection to a remote observatory. All program management functions are accessible and usable through a client computer.
The role of both professional or amateur astronomers changes and evolves enabling to become a spectator rather than being a protagonist.

Due interfacce diverse, attraverso i componenti ASCOM (Astronomy Common Objetc Model), pilotano le strumentazioni astronomiche adibite all'acquisizione delle immagini digitali. Editare script, in VB (.vbs) o in Java (.js), eseguibili attraverso un pannello dedicato; metodi e proprietà per programmare procedure robotiche e per realizzare serie di comandi atti alla riduzione dei dati astronomici e al loro eventuale uso per la creazione automatica di grafici, curve di luce, ecc. Un plug-in opzionale denominato ATN (Automatic Telescope Network), permette di configurare e attuare la connessione diretta con un osservatorio remoto. Tutte le funzioni dei programmi di gestione sono accessibili e utilizzabili attraverso un computer client. Il ruolo dell'astronomo professionista o dell'astrofilo si trasforma e si evolve: passa dall'essere protagonista all'essere spettatore.

A prescindere dal tipo di strumentazione di cui si compone, un osservatorio astronomico automatico deve provvedere a raccogliere e focalizzare la maggior quantità possibile di fotoni sul chip della camera CCD o DSLR (fig. 1).

Gli elettroni che si generano dall'impatto dei fotoni sul substrato di silicio, sono immagazzinati in apposite celle (well) e, alla chiusura dell'otturatore, sono trasferiti a una readout station, in altre parole all'elettronica di controllo, per mezzo della quale vengono elaborati e trasformati nell'elemento singolo d'immagine: il pixel. Quest'ultimo può essere inteso come il corrispondente virtuale della cella in cui si accumulano le cariche.

La risoluzione massima ottenibile dipende, principalmente, dal diametro dell'obiettivo e dal campionamento ed è raggiungibile solo nel caso in cui il valore del seeing sia inferiore o uguale al limite di diffrazione ottica dello strumento.

A priori, l'utilizzatore deve operare scelte e abbinamenti in modo tale da ottenere una scala d'immagine (secondi d'arco x pixel) adeguata al tipo di ripresa che deve effettuare.

Le caratteristiche del gruppo ottico di acquisizione (telescopio, riduttori o moltiplicatori di focale, sistema d'inseguimento, ecc.) e quelle di una camera CCD/DSLR (sensibilità spettrale, dimensione dei pixel, efficienza quantica, ecc.) determinano, congiuntamente alla natura luminosa dell'oggetto target, il tempo d'integrazione ottimale per ottenere una dinamica ampia, un alto indice di qualità e, al tempo stesso, evitare fenomeni di saturazione.

Occorre specificare che vi sono settori di ricerca nei quali non è così importante ottenere immagini esteticamente belle e correttamente esposte. Un esempio classico è costituito dai programmi che si prefiggono come obiettivo la scoperta di supernovae.

Anche in questi casi, tuttavia, è importante concentrare l'immagine stellare sulla minor superficie possibile attraverso un preciso focheggiatore, un sistema d'inseguimento efficace, un ottimo stazionamento polare, un accurato bilanciamento dei pesi e la buona collimazione delle ottiche (fig. 2). Questi accorgimenti con-

Fig. 1: *A sinistra una fotocamera DSLR professionale full frame 24 x 36 mm, a destra una camera CCD 6,9 x 4,6 mm; entrambe i dispositivi sono in uso presso l'osservatorio astronomico robotico e remoto dell'autore.*

sentiranno di raggiungere magnitudini maggiori, abbassare il valore dei tempi d'esposizione e ottimizzare il funzionamento dei software di controllo a tutto vantaggio del rendimento operativo globale. In una sessione osservativa robotizzata, la concentrazione dell'intensità luminosa è monitorata e ottimizzata da specifico software o da sottoapplicazioni di programmi. Il flusso fotonico, proveniente da una stella e convogliato sul piano focale, si distribuisce su un'area teoricamente circolare (in assenza di errori ottici nelle lenti e negli specchi) ed è matematicamente e analiticamente rappresentabile attraverso i valori di PSF (Point Spread Function), Peak Value e FWHM (Full Widht at Half Maximum). Il FWHM, ossia l'ampiezza piena a metà valore del picco massimo (Peak Value), permette di quantificare e determinare il *campionamento* e cioè l'abbinamento fra sistema ottico e sistema di rivelazione dei fotoni:

Campionamento = **FWHM / l** (secondi d'arco per pixel)

Nella formula, **l** è il valore del lato di un singolo elemento fotosensibile.
Solitamente, si parla di sottocampionamento (focale equivalente troppo corta / pixel troppo grandi) quando si opera con valori inferiori a 1,5 secondi d'arco per pixel e di sopracampionamento (focale equivalente troppo lunga / pixel troppo piccoli) per valori superiori a 2,5 secondi d'arco per pixel (fig. 3). Essendo le dimensioni fisiche del sensore entità immutabili, e non potendo o volendo intervenire direttamente sul sistema ottico per variare il valore della focale equivalente, un utente può, via software o con tecnologia on-chip binning, creare pixel virtuali accoppiando strategicamente più elementi fotosensibili.

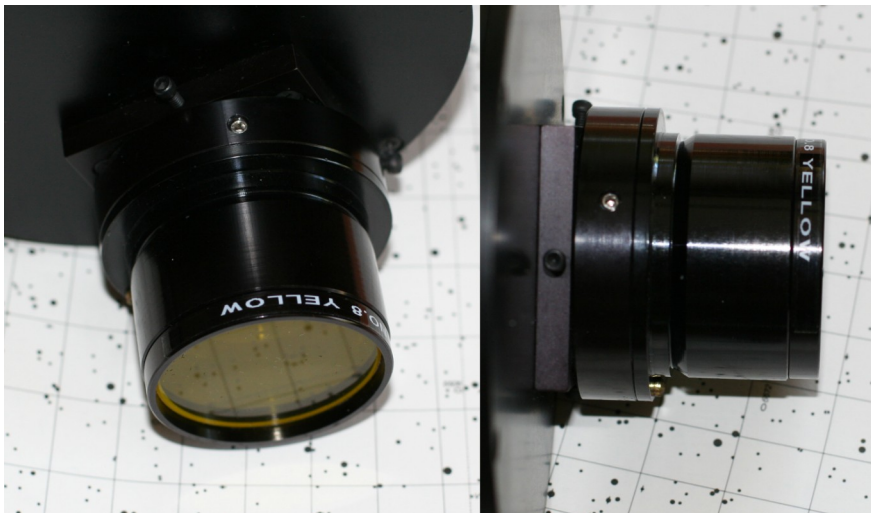



Fig. 2: *L'Autore, per ottenere un campionamento ottimale, utilizza un riduttore Optec x0,33, per mezzo del quale la focale effettiva del gruppo di acquisizione d'immagini risulta essere di 1016 mm.*

Il “super recipiente” così ottenuto somma, nelle sue proprietà, quelle dei singoli elementi che lo costituiscono. La tecnica del binning non è solo utile per soddisfare esigenze particolari di campionamento ma può essere sfruttata, sistema Client/Internet/Server, in alcune fasi critiche di recupero remoto delle coordinate effettivamente puntate, per sincronizzazioni di emergenza, per effettuare il centraggio “manuale” di un oggetto particolare.

Appare evidente l’importanza cruciale del posizionamento corretto della superficie fotosensibile sul piano focale. Questo compito è affidato, in un sistema astronomico robotizzato, a software e hardware i quali devono controllare, misurare, decidere e attuare input in modo del tutto autonomo. Sono richieste precisioni micrometriche e tempistiche operative ristrette nonché continui aggiustamenti e compensazioni di traslazione. In pratica la posizione di miglior fuoco non corrisponde a un punto definito e preciso ma a una serie di posizioni contigue che si estendono per una lunghezza ricavabile dalla seguente formula:

$$\mathbf{Z = 2{,}2 \times f^2}\ (10^{-6}\ \text{metri})$$

Proviamo a quantificare il valore **Z** della zona critica di fuoco per un telescopio operante con un rapporto focale **f** uguale a 10:

$$\mathbf{Z = 2{,}2 \times 10^2 = 2{,}2 \times 100 = 220\ \mu m = 0{,}22\ mm}$$

Questo significa che il sistema gestionale e le strumentazioni dovranno collocare il CCD all’interno di un segmento poco più lungo di due decimi di millimetro.

Non è difficile immaginare quanto possa essere critica quest’operazione di messa a fuoco considerando, anche, che tale posizione deve essere costantemente verificata e corretta al variare delle condizioni atmosferiche.

Presso l’osservatorio astronomico dell’Autore, due software (FocusMax, http://www.focusmax.org/ - MaxIm DL CCD 5, http://www.cyanogen.com/maxim_main.php) e un hardware (Optec TCF-S, http://www.optecinc.com/astronomy/catalog/tcf/tcf_main.htm), controllano la posizione del sensore CCD e sono conglobati da “Ricerca4” (al momento della stesura di quest’articolo la versione più aggiornata è la 4.32.3), un programma avanzato d’automatizzazione che può essere definito come “direttore d’orchestra” poiché coordina l’insieme completo di fasi operative che contraddistinguono una sessione robotica e remota:

- Ricovero delle strumentazioni e delle attrezzature
- Ottimizzazione e distribuzione dei tempi, delle entrate e degli input
- Acquisizione pianificata dei frame di luce con controllo di puntamento e inseguimento
- Riduzione e archiviazione delle immagini
- Riconoscimento di situazioni pericolose per le apparecchiature
- Invio di messaggi/avvisi al proporsi di condizioni di allerta

L’utente, per mezzo di driver proprietari o ASCOM, dispone di due interfacce attraverso le quali seleziona settaggi e impostazioni inerenti al controllo di cupola, telescopio e focheggiatore:

- ATC Plus
- ASC

Può risultare utile avvalersi del supporto integrativo vocale per mezzo del quale sono generati messaggi di stato, pericolo e conferma che dettagliano in merito allo svolgersi e al susseguirsi delle operazioni e delle analisi gestite in un preciso istante.

Per usufruire di quest’opzione, è necessario scaricare controlli/componenti aggiuntivi ActixeX; lo si può fare direttamente spuntando i seguenti link:

→http://activex.microsoft.com/activex/controls/sapi/spchapi.exe

→http://activex.microsoft.com/activex/controls/agent2/lhttsiti.exe

I movimenti della montatura, altazimutale o equatoriale, e del sistema di focheggiatura, a uno o due focheggiatori, sono impartiti attraverso tastierino numerico, mouse e joystick; questo, ovviamente, in fase di regolazione e aggiustamento manuale da distanza remota (fig. 4).

Qualsiasi comando o istruzione avanzata, purché supportato e riconosciuto dal controller/telescopio, può essere inviato all’hardware posto in osservatorio il quale restituisce una risposta/ritorno (come, ad esempio, la versione firmware di una scheda o la temperatura del tubo ottico). Dal momento in cui i moduli ATC Plus e ASC non hanno alcun tipo di controllo sulle impartizioni di cui sopra, occorre prestare particolare attenzione nella digitazione dei “command” e conoscerne il loro significato.

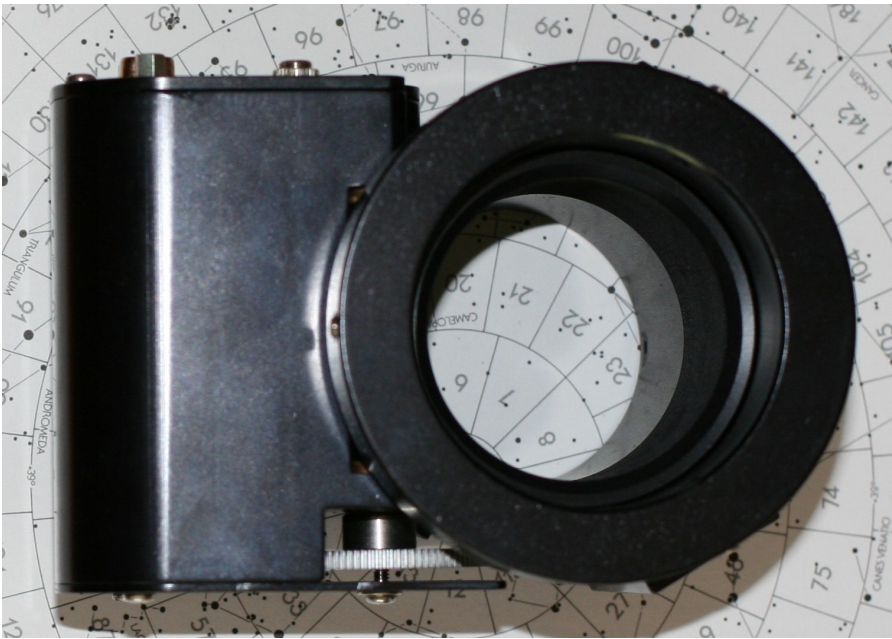



Fig. 3: *Corpo di un sofisticato strumento per la focheggiatura delle immagini montato sul telescopio Schmidt—Cassegrain dell'osservatorio robotizzato A67 Chiusa Pesio.*

La natura multiutente consente la contemporanea connessione, dei moduli, con programmi client e la disponibilità di metodi e proprietà permette la programmazione di procedure robotiche personalizzate facendo intervenire i seguenti oggetti:

- Cupola/Sistema di copertura
- Telescopio
- Camera CCD
- Focheggiatore

I metodi costituiscono le azioni che un oggetto può compiere mentre le proprietà ne definiscono i dati, ossia le informazioni sulle quali i metodi possono operare le loro elaborazioni.
Esistono, a grandi linee, tre tipologie di proprietà:

1. Componenti (quelle atte a svolgere determinate azioni)
2. Attributi (quelle che descrivono le peculiarità di un oggetto)
3. Peer Objects (quelle che identificano delle proprietà, a loro volta, definite in altri oggetti)

Per l'oggetto cupola sono considerati metodi la chiusura dello shutter o del sistema di copertura ("Dome.mCloseShutter"), la sincronizzazione sulle coordinate calcolate per lo strumento ottico ("Dome.mSyncDome") o, ancora, l'interruzione del movimento della cupola ("Dome.mHaltDome"). Per l'oggetto telescopio alcuni esempi di metodo sono costituiti dal puntare un oggetto ("Tele.mGoTo"), dal disporsi in posizione di parcheggio ("Tele.mPark") o dall'inizializzazione di una serata osservativa ("Tele.mUnPark") mentre, invece, sono definite proprietà la velocità di puntamento ("pSlewSpeed"), la lettura delle coordinate altazimutali ("pTargetAltitude) o la lettura dello stato di moto in corso ("pSlewing").
Per l'oggetto camera CCD un metodo può essere costituito dall'inizio di una posa ("Camera.mExposure") o dal lancio del programma MaxIm DL CCD ("Camera.mOpenMaxIm").
Ecco un esempio di script editabile e salvabile come "Unpark.vbs", usato per inizializzare il telescopio togliendolo dalla posizione di parcheggio:

```
Set Tele= CreateObject("ATCP.AtcTelescope")
Set U= CreateObjects("DriverHelper.Util")
U.WaitForMilliseconds 1000
ifNot Tele.pConnected then
Tele.pConnected=True
DoWhile Not Tele.pConnected
Loop
End if
U.WaitForMilliseconds 1000
ifTele.pAtPark then Tele.mUnPark
Set Tele = Nothing
Set U = Nothing
```

Un tipico script generato per connettere il focheggiatore ed eseguire una messa a fuoco automatica si presenta così:

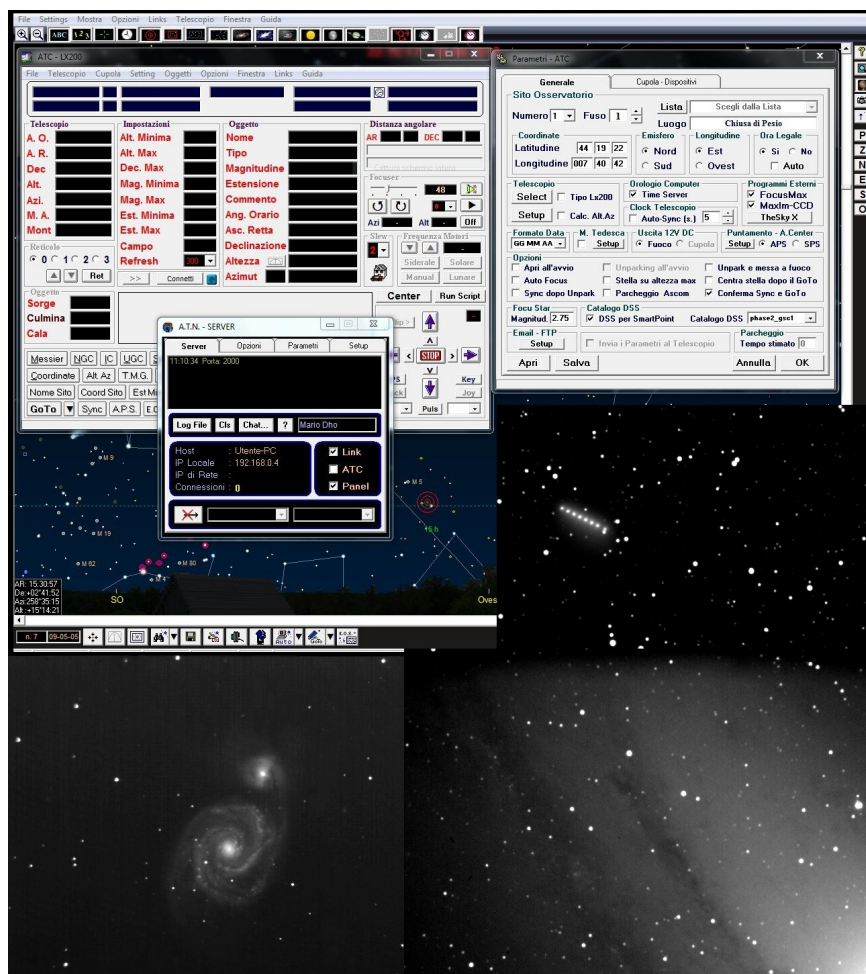



FIG. 4: *Videate caratteristiche catturate dallo screen di un computer server durante una pianificazione osservativa con "Ricerca4".*

```
SetFocus = CreateObject("ATCP.AtcFocus")
Set U = CreateObject("DriverHelper.Util")
U.WaitForMilliseconds 1000
Focus.pFMConnected = True
Focus.mFMAutoFocus
U.WaitForMilliseconds 1000
```

La procedura automatica generale, riscontrabile all'A67 Chiusa Pesio, ovvero l'ordinato susseguirsi di una più o meno lunga serie di ordini/input, risposte e azioni, pianificabile con "Ricerca4", richiede anche l'installazione di software esterno. Possiamo schematicamente individuare quattro serie di programmi:

1. Programmi indiretti (PemPro, CCDInspector)
2. Programmi integrati a "Ricerca4" (ATC, ASC, E.O.S., A.D.C., O.C.S.III)
3. Programmi esterni (FocusMax, MaxIm DL CCD5, ASCOM 6.xx, PinPoint Astrometry, TheSky.xx)
4. Programmi/moduli di controllo remoto (ATNs, ATNc)

Le applicazioni citate al punto 1. non intervengono direttamente nel processo di acquisizione di dati e immagini astronomiche ma sono indispensabili per ottenere il massimo sfruttamento dal gruppo meccanico-elettronico della montatura (PemPro, http://www.ccdware.com/products/pempro/) e del sistema ottico impiegato per la cattura del flusso fotonico (CCDInspector, http://www.ccdware.com/products/ccdinspector/), fig. 5.

Nel corso di anni di test e uso, lo scrivente non ha mai riscontrato inconvenienti di rilievo o conflitti.

Piccole anomalie funzionali, risoltesi eseguendo "Ricerca4" come amministratore dopo l'installazione e disabilitando temporaneamente il controllo account utente, sono state registrate installando i pacchetti di cui sopra su macchine informatiche con sistema operativo Windows 7 e Windows Vista. Qualora si utilizzi la versione dimostrativa (trial) di MaxIm DL CCD si deve avere l'accortezza di lanciare il software in questione prima di "Ricerca4", ATC o ASC.

Questa procedura si rende necessaria poiché il programma di prova della Cyanogen/Diffraction Limited (http://www.cyanogen.com/maxim_main.php) chiede una conferma per il proseguimento e l'apertura ogni volta che si lancia.

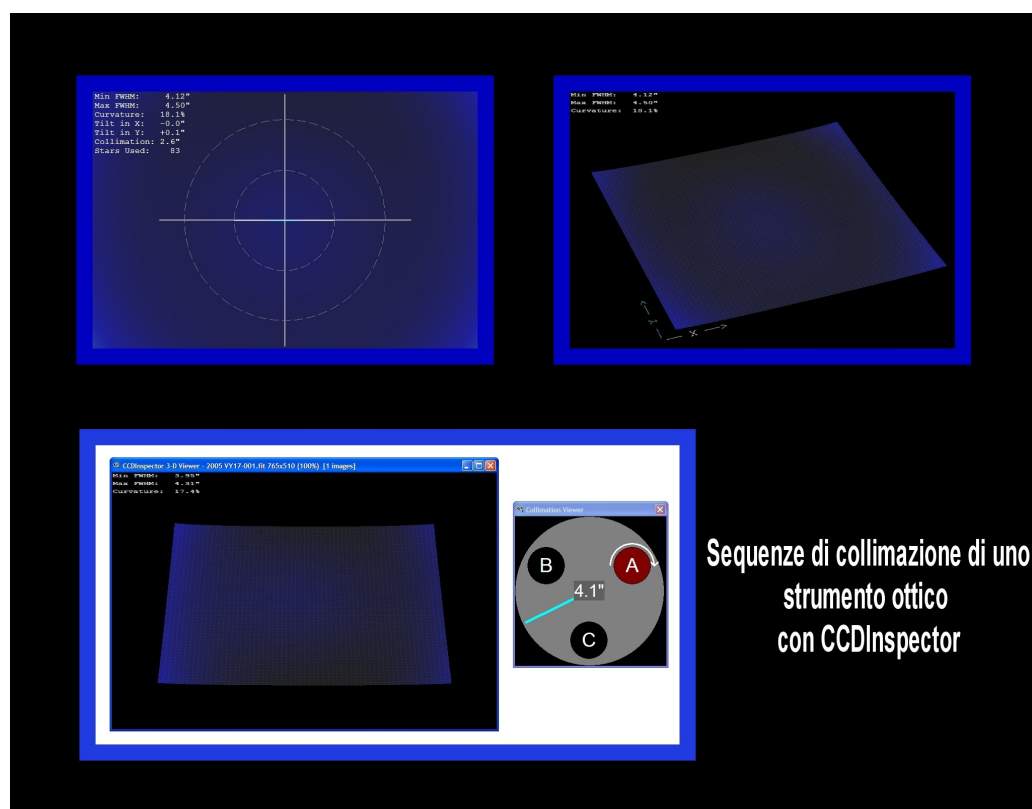



Fig. 5: *Grafici tridimensionali ottenuti con CCDInspector, analizzando e misurando una serie di frame CCD, per eseguire la collimazione ottica di uno strumento ottico di tipo Schmidt Cassegrain.*

Alla presenza di montature che attuano il Go To del telescopio in modo sincrono, la posizione del tubo ottico (cerchietto colorato sulla mappa) è visualizzata solo al termine della fase di puntamento; non è quindi possibile seguire lo spostamento in modalità live.

Questo non costituisce di certo un problema in un contesto gestionale robotico e remoto dove non interessa più di tanto seguire sulla mappa lo spostamento dello strumento quanto piuttosto verificarne la posizione in momenti particolari che potrebbero generare situazioni di allerta o di pericolo. A questo scopo si utilizza apposita webcam le cui immagini raggiungono, via Internet, lo schermo di uno o più computer di controllo con funzione di client.

La connessione diretta fra gli strumenti, gli accessori, le apparecchiature, il computer remoto e quello client, avviene per mezzo dei moduli ATN(s/c) e risulta essere stabile; mette, inoltre, a disposizione dell'utilizzatore una consolle operativa completa e non solo essenziale.

Dal pannello principale di ATN si ottengono numerose informazioni quali i dettagli del traffico, la lista storica degli utenti e i dati di comunicazione (fig. 6).

In una quarta e ultima parte di questo lavoro, imperniato sull'ottimizzazione delle procedure acquisitive d'immagini digitali astronomiche, conosceremo altre caratteristiche di "Ricerca4" e vedremo come si realizzano, in automatico, curve fotometriche basate sulla variazione d'intensità della radiazione elettromagnetica.

Glossario dei termini utilizzati nell'articolo

ACTIVEX. Tecnologia concepita e strutturata in modo tale da ampliare e potenziare le caratteristiche di una applicazione. Può essere intesa come un'implementazione integrativa capace di aggiungere nuovi comandi a una applicazione capace di supportarla e utilizzarla.

BIAS. Costituisce il rumore generato da una camera CCD/DSLR durante un'integrazione di durata uguale a zero secondi.

BINNING. Sistema di lettura di una matrice CCD che consente di raggruppare più elementi fotosensibili singoli per crearne di quelli più grandi. E' impiegato per ottimizzare il campionamento, per aumentare la velocità di lettura/download dei frame e la "sensibilità".

CCD. Acronimo di Charge Coupled Devices; apparecchiatura hardware che converte i fotoni in elettroni all'interno di una matrice di elementi fotosensibili.

DARK FRAME. Fotogramma di buio ottenuto con otturatore chiuso per rilevare il segnale dovuto alla corrente di buio.

FIG. 6: *Esempi di sistemi di copertura gestibili con "Ricerca4" (Cortesia Salvatore Massaro e Gambato Costruzioni).*

DSLR. Acronimo di Digital Single-Lens Reflex; fotocamera a obiettivo intercambiabile dotata di sensore elettronico (CCD/CMOS) al posto della pellicola fotografica tradizionale.

FLAT FIELD. Immagine artificiale ottenuta con lo scopo di appianare le variazioni di sensibilità delle unità fotosensibili elementari e a ridurre gli effetti deleteri, sui frame di luce, causati dalle imprecisioni di lavorazione e assemblaggio delle ottiche.

FWHM. Acronimo di Full Widht at Half Maximum; identifica il "diametro" di una stella in pixel ed è espresso dall'estensione piena di un segnale a metà del valore del suo massimo.

PEAK VALUE. Valore di picco dell'intensità luminosa di un'immagine o di parte di essa.

PSF. Acronimo di Point Spread Function; quantifica e descrive la dispersione del punto luminoso sul piano focale dell'ottica. Questa diffusione dipende da fattori quali, ad esempio, l'aberrazione, la cattiva guida, la diffrazione, la sfocatura.

I video relativi a questa serie di articoli sono visibili sul canale Youtube EAN:

http://www.youtube.com/watch?v=OIv29lvWXao
http://youtu.be/llZ1bs9enzw

Mario Dho*, technician and industrial expert, first responsible for the Section Instruments of the Unione Astrofili Italiani, UAI, and the project "CCD-UAI". Author of a technical manual, with a foreword by Margherita Hack, mainly designed to the automation and remote controlling of astronomical observatories, and of several technical articles published by Italian scientific and cultural magazines. Tester of software and application modules developed for the automatic control of astronomical instruments.*

Mario Dho, perito capotecnico industriale, primo responsabile della Sezione Strumentazione dell'Unione Astrofili Italiani, UAI, e del progetto "CCD-UAI". Autore di un manuale tecnico, con introduzione di Margherita Hack, dedicato principalmente all'automazione e al controllo remoto delle osservazioni astronomiche, e di numerosi articoli tecnici pubblicati da riviste di scienza e cultura italiane. Tester di software e moduli applicativi sviluppati per il controllo automatico di strumenti astronomici.

Non è colpa dei Maya

Gabriele Vanin
http://www.gabrielevanin.it/

Gabriele Vanin ha pubblicato un libro di notevole interesse: "Scenari per la fine del mondo" che recensiamo in questo stesso numero della rivista. D'accordo con l'autore, pubblichiamo una parte del primo capitolo nel quale si chiariscono alcuni fondamentali aspetti del calendario Maya, mostrando che esso non ha assolutamente nulla a che fare con le paventate profezie sulla fine del mondo che, secondo alcuni astuti profittatori, si sarebbe dovuta verificare il 21 dicembre scorso!

Il vizio del giorno del giudizio

Ma davvero i Maya hanno predetto che il 21 dicembre del 2012 avverrà la fine del mondo? No di certo e, come vedremo, sarà addirittura difficile trovare qualcosa di vero nella fantasiosa ricostruzione che gli autori di questa colossale bufala hanno confezionato.

Tanto per cominciare, non è certo la prima volta che qualcuno profetizza la fine del mondo. Limitandosi alle epoche più recenti possiamo citare la profezia di William Miller, fondatore del movimento avventista dei milleriti, che iniziò a predicare nel 1831 raccogliendo attorno a sé oltre 50 000 sostenitori, e predicendo il ritorno di Cristo e la fine del mondo per il 1843. Egli non fissò una data particolare, ma ci pensarono i suoi seguaci, che indicarono il 3 aprile. Curiosamente, proprio in quell'anno apparve una cometa luminosissima che fu vista alla fine di febbraio in pieno giorno, brillando 50 volte più della Luna piena. Ai primi di marzo fu visibile la sera, con una coda luminosa e lunga oltre un terzo del cielo. La coincidenza sicuramente risvegliò paure ancestrali e a qualcuno sembrò di vedere una conferma della profezia dei milleriti. La cometa se ne andò alla fine di marzo, ma il 3 aprile non successe nulla; la setta continuò a posticipare la data dell'evento fino all'ultima, fissata da Miller stesso, il 22 ottobre 1844. Dal momento che anche questo giorno passò senza alcun incidente i suoi seguaci, delusi dal loro leader, si dispersero rapidamente.

Poi non vanno taciute certamente le ricorrenti profezie della setta dei Testimoni di Geova, che fissarono la fine del mondo via via nel 1914, nel 1925 e nel 1975, salvo poi dichiarare in interpretazioni posteriori che le loro parole erano state travisate (vi ricorda qualcuno?) e che si era trattato di speculazioni diffuse fra gli aderenti alla setta ma non del punto di vista ufficiale della stessa.

Lo scrittore Charles Berlitz, famoso per i suoi libri sull'occulto ed il paranormale, nel suo libro del 1981 *Apocalisse 1999*, basandosi sulle profezie del famoso chiaroveggente retroattivo Nostradamus (***nota n. 1***), disse che il 1999 avrebbe portato carestie, inondazioni, spostamenti dell'asse magnetico.

Negli anni Novanta crebbe via via un movimento sempre più ampio, man mano che si approssimava la fine del millennio, che si attendeva sconvolgimenti disastrosi quali terremoti, spostamenti dell'asse magnetico, ricomparsa di Atlantide, continenti che sprofondano nel mare, pestilenze, e chi più ne ha più ne metta. Parte di questo movimento può anche essere ritenuta la schiera dei porta-rogna che parlarono delle conseguenze catastrofiche (blocco delle centrali elettriche e nucleari, istituti bancari e reti di telecomunicazione, black-out totale della tecnologia, ecc.) prodotte dal baco del cambiamento di data dei computer, il famigerato Y2K.

Aiuto, i pianeti si allineano!

Berlitz si concentrò anche sull'allineamento planetario del 5 maggio 2000 dicendo che avrebbe provocato brillamenti solari, terremoti fortissimi, sconvolgimenti del paesaggio terrestre, esplosioni sismiche (qualunque cosa siano). Quando l'1 gennaio passò senza che niente succedesse, l'attenzione si polarizzò sull'allineamento planetario di quattro mesi dopo, dimenticandosi che altre profezie simili precedenti erano fallite miseramente. Si ricorda per tutti quello dell'"effetto Giove" del 10 marzo 1982 (***nota n. 2***). Il fatto è che, innanzitutto, è impossibile che si allineino perfettamente non dico ot-

L'astrologo e farmacista francese Michel de Nostredam ritratto dal figlio Cesar.

to, ma nemmeno tre pianeti, perché questo potrebbe succedere solo se i loro periodi di rivoluzione fossero fra loro multipli esatti, e non lo sono. Ciò che può succedere è che ogni tanto tutti i pianeti rimangano compresi entro un arco di meno di 60°, e perfino questo accade molto raramente, solo tre volte negli ultimi duemila anni. Ma anche se si allineassero con estrema precisione, gli effetti mareali combinati sarebbero assolutamente trascurabili, dell'ordine del millimetro, infinitamente più piccoli di quelli che il Sole e la Luna combinati esercitano sulla Terra tutti i mesi.

Il calendario maya

Ma questa volta, dicono, dovrebbe essere differente. Vediamo. Prima di tutto, però, cerchiamo di fare brevemente conoscenza con i Maya e soprattutto col loro calendario. I Maya si insediarono fra Honduras e Guatemala e raggiunsero il culmine della loro fioritura intorno al 700 d.C. Fra l'800 e il 925 emigrarono verso lo Yucatan, in seguito ad una ampia catastrofe ambientale (vedi p. 92 del libro). Essi hanno lasciato templi e costruzioni imponenti e affascinanti, molti dei quali orientati secondo criteri astronomici. Avevano sviluppato una scrittura complessa di tipo geroglifico, che gli archeologi sono riusciti soltanto di recente a decifrare completamente. Possedevano un avanzato sistema di numerazione a base 20 ed erano abili osservatori astronomici. Conoscevano con estrema precisione, superiore a quella disponibile in Europa nello stesso periodo, la lunghezza di diversi cicli astronomici, tra cui la durata dell'anno e il periodo sinodico (intervallo di tempo fra due successive congiunzioni con il Sole) del pianeta Venere (rappresentazione celeste del dio Kukulcan). Erano anche in grado di calcolare i cosiddetti "periodi critici delle eclissi", ovvero i giorni dell'anno in cui le eclissi potevano verificarsi.

Il Caracol di Chichen-Itzà in una foto dell'autore.

Fra le rovine delle antiche città maya che ancor oggi si possono visitare si trovano molti edifici che dovevano essere impiegati come osservatori. Il più famoso è senz'altro quello che gli spagnoli hanno chiamato *Caracol* a causa della presenza di una scala interna a forma di chiocciola, che si trova nella città maya-totonaca di Chichen-Itzà, nel nord dello Yucatan. Le tre finestre della stanza superiore sono allineate in modo da permettere l'osservazione dei tramonti del Sole agli equinozi e nei giorni del passaggio allo zenit, e delle posizioni estreme di Venere sull'orizzonte. Altri edifici sono invece allineati con il sorgere del Sole, come ad Uaxactun nel Guatemala.

Qui, da una piattaforma posta in cima ad una piramide, è possibile osservare la levata del Sole agli equinozi e ai solstizi dietro un complesso di tre grandi templi che si trovano al di là di una *plaza*. Altri esempi di allineamenti astronomici si trovano a Copàn nell'Honduras e a Uxmal, città maya dello Yucatan del settimo secolo: qui l'asse della Piramide dell'Indovino è orientata sul punto in cui tramonta il Sole 40 giorni (due *uinal*, il mese maya nello *tzolkin*, v. oltre) prima del suo passaggio allo zenit, momento importantissimo per tutte le civiltà mesoamericane. Forse il più incredibile monumento orientato della civiltà maya è la Piramide di Kukulkan a Chichen Itzà, che costituisce una sintesi della loro cosmologia: ha nove piani, corrispondenti ai nove cieli del mondo inferiore; i riquadri o *tableros* costituenti ciascuno dei quattro lati della piramide sono 52, tanti quanti gli anni del giro del calendario; i gradini di ciascuna delle quattro scalinate che portano in cima sono 91 che, moltiplicato per quattro e aggiungendo il piano sommitale, equivale esattamente a 365, i giorni dell'anno.

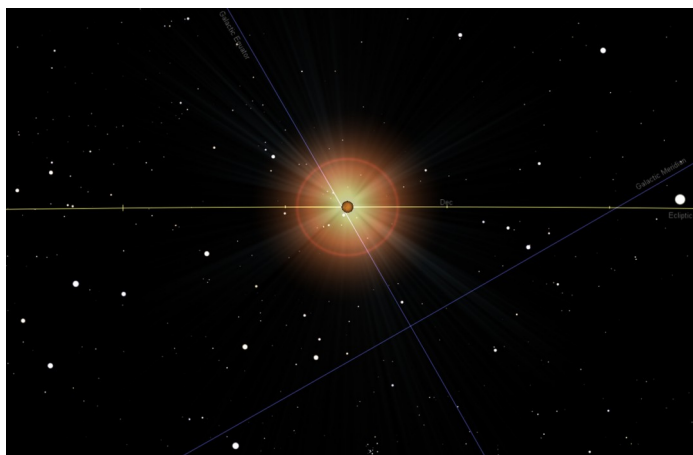
La Piramide dell'Indovino a Uxmal in una foto dell'autore.

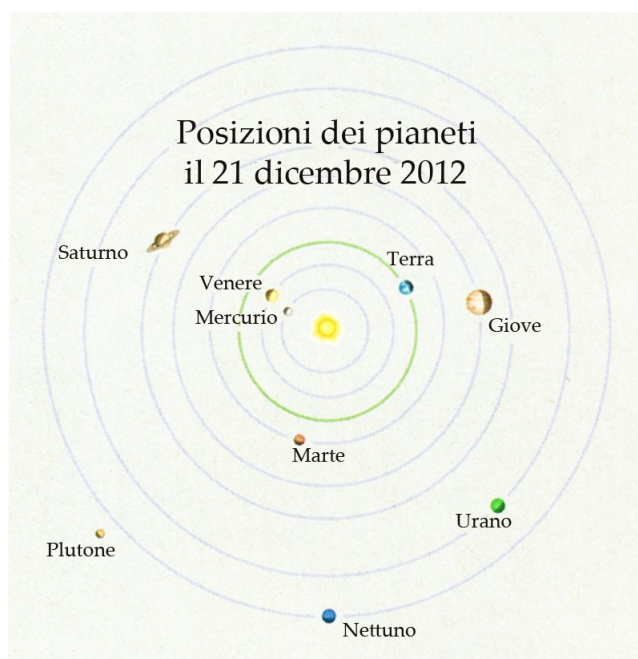
La caratteristica più stupefacente è stata scoperta, quasi per caso, solo nel 1970, agli equinozi: al sorgere e al tramonto la luce del Sole radente si fa strada fra gli spigoli della gradinata andando a creare la sagoma luminosa di un serpente (Kukulcan, il serpente piumato) che va a innestarsi sulla testa ricavata alla base della gradinata. Per permettere il verificarsi di tale fenomeno l'edificio dev'essere stato costruito con una precisione sbalorditiva.

I Maya usavano due tipi diversi di anno, uno agricolo di 365 giorni, lo *haab*, e uno divinatorio di 260 giorni, lo *tzolkin*. Questo strano periodo di 260 giorni può avere avuto diversa origine: corrisponde più o meno al periodo medio della gestazione umana, 266 giorni (ancora oggi le donne maya associano lo *tzolkin* a questo periodo), oppure all'intervallo medio di 263 giorni di apparizione di Venere come stella del mattino e della sera, oppure ancora ad uno dei due intervalli (l'altro è 105 giorni) che separano il passaggio del Sole allo zenit alla latitudine di 14,5° N, quella di alcune tra le più importanti città maya, oppure ancora ai 3/4 dell'anno delle eclissi, l'intervallo di 346 giorni in cui le eclissi possono avvenire (***nota n. 3***). Ad un certo punto i due calendari vennero unificati, probabilmente perché i Maya si resero conto che per organizzare il tempo in una società complessa occorreva disporre di un unico calendario. Tuttavia le cose non erano così semplici. Poiché i giorni venivano indicati con nomi diversi nei due tipi di calendari, soltanto ogni 18 980 giorni, minimo comun denominatore di 260 e 365, ovvero 52 anni (52 *haab* e 73 *tzolkin*), le combinazioni di nomi tornavano a ripetersi. Questo ciclo di 52 anni era chiamato *giro del calendario*, e corrispondeva più o meno alla durata di una vita umana. Tuttavia, per registrare gli avvenimenti storici in modo accurato era necessario un intervallo più lungo. Perciò i Maya istituirono il cosiddetto *computo lungo*, basato su multipli del numero 20, che era la base della matematica maya. Il giorno era chiamato *kin*; 20 di questi giorni erano un *uinal*; 18 *uinal* (l'unica eccezione alla base 20, forse perché 360 era più vicino ai giorni dello *haab* che non 400) costituivano un *tun*; 20 *tun* erano un *katun* (7200 giorni); 20 *katun* formavano un *baktun* (144 000 giorni), l'unità più grande della catena, anche se alcune iscrizioni occasionalmente riportano l'uso di multipli ancora più grandi: *pictun*, *kalabtun*, *kinchiltun*, *alautun*. Il computo lungo iniziava dalla data che i Maya avevano fissato per la creazione del mondo, che corrisponde nel nostro calendario all'11 agosto 3113 a.C. Secondo il *Popol Vuh*, una sorta di storia della creazione dei Maya Quiché, abitanti gli altopiani del Guatemala, scritto dopo la conquista spagnola, gli dei fallirono tre volte nel compimento della creazione; soltanto al quarto tentativo riuscirono a creare una razza parlante, che camminava e che era loro devota.

Questo quarto mondo secondo il computo lungo finirà al termine del 13° *baktun* (dopo 1 872 000 giorni, circa 5125 anni), ovvero proprio il 21 dicembre 2012. Tuttavia a questo traguardo non era assegnato nessun significato catastrofico. Per i Maya il tempo era visto in modo ciclico, circolare, come un perpetuo rinnovarsi: pertanto ad una era precedente se ne sostituiva un'altra, senza alcun particolare trauma. E comunque, al di là di quello che dice il *Popol Vuh*, per quanto possiamo desumere dai pochi documenti originali rimasti (***nota n. 4***), i Maya credevano più che altro nel concetto di una creazione ultima e non credevano affatto che ci sarebbe stata alcuna distruzione finale.

Delirio totale

Forse il primo a scrivere che il mondo sarebbe stato distrutto alla fine del *baktun* 13, con il compimento del Grande Ciclo del computo lungo, fu Michael D. Coe nel 1966, nel libro *I Maya*. Nel 1975 Frank Waters, uno scrittore con tendenze misticheggianti, dedicò all'argomento una breve sezione nel suo libro *Messico Mistico*, identificandolo come "Grande Ciclo dei Maya", sovrastimando la sua durata in 5200 anni, ed eguagliando cinque di tali cicli con cinque grandi ere, ciascuna delle quali finiva con la fine del mondo e la sua rinascita. Secondo Waters il grande ciclo sarebbe finito il 24 dicembre 2011, e in quella data il mondo sarebbe stato distrutto da disastrosi terremoti.

La posizione del Sole il 21 dicembre 2012: pur trovandosi quasi sull'equatore galattico (la linea blu quasi verticale), esso si proietta a notevole distanza dal meridiano galattico (la linea blu perpendicolare alla prima), e quindi dal centro della nostra Galassia. La linea gialla è l'eclittica (immagine realizzata col software Starry Night pro plus 6*).*

Nello stesso anno un libro di Dennis e Terence McKenna (*Il paesaggio invisibile: mente, allucinogeni e I Ching*) affermò correttamente che la data in cui finiva il *baktun* 13 era il 21 dicembre 2012. Nel libro si diceva anche, in modo un po' confuso, che il Sole in quella data si trovava al solstizio invernale, nel Sagittario, a soli tre gradi dal centro galattico, situato a sua volta entro due gradi dall'eclittica, e che, a causa del fatto che il punto del solstizio invernale si sposta a causa della precessione, sarebbe arrivato al punto da eclissare il centro galattico. Innanzitutto, c'è da dire che, poiché il Sole *è* sull'eclittica, il centro galattico dovrebbe essere anch'esso a due gradi dall'eclittica, non a tre. In secondo luogo, è vero che il Sole nel solstizio d'inverno in questa fase storica si trova abbastanza vicino al centro galattico, ma non così vicino, essendo a circa sei gradi; raggiungerà la distanza minima di circa 5,5° intorno al 2200, ma non vi arriverà mai. Per questo libro comunque la data costituiva un momento di rinnovamento e di trasformazione, non tragico.

Nel 1987 la questione conobbe più ampia popolarità: nel libro *Il fattore maya: cammino oltre la tecnologia* José Argüelles affermò che i maya avevano collegato la fine del *baktun* 13 al momento in cui avremmo intercettato un misterioso raggio impalpabile proveniente dal centro della Via Lattea. Il raggio avrebbe operato come un invisibile filo vitale galattico che collegava le persone, la Terra, il Sole, la Galassia. È appena il caso di dire che nessuna tradizione maya è compatibile con la credenza in questo filo. Lo scrittore proseguiva enfatizzando dei principi di "armonica risonanza" e sostenendo che i pianeti sono "giroscopi armonici orbitanti" che "giocano un ruolo nella coordinazione del raggio" e che permettono il progresso degli esseri dotati di DNA. Il 2012, perciò, avrebbe portato una versione dell'apocalisse piuttosto all'acqua di rose. Argüelles giunse anche a predire che il 16-17 agosto 1987 si sarebbe verificata una convergenza armonica maya-galattica. Migliaia di persone convennero nei cosiddetti "punti agopunturali" della Terra per creare una sorta di "pila collettiva bio-elettromagnetica sincronizzata e unificata". Sfortunatamente, la data passò senza che succedesse niente di strano. Un altro libro sull'argomento apparve nel 1995, *Cosmogenesi maya del 2012*, di J.M. Jenkins. Secondo Jenkins il punto solstiziale invernale e il centro della Galassia si sarebbero allineati esattamente il 21 dicembre e che questo motivo indusse i maya a far terminare il calendario in quella data. Questo avrebbe portato per Jenkins ad una trasformazione fondamentale e a delle opportunità di crescita spirituale nel passaggio ad una nuova era. Occorre dire, tuttavia, che la Galassia non è un'entità così geometricamente determinata, nemmeno da un punto di vista astronomico moderno. Equatore e centro galattico sono fissati con una certa arbitrarietà anche oggi: infatti i margini galattici sono assolutamente vaghi e dipendenti dalla trasparenza del cielo da dove si osserva (Jenkins, bontà sua, dichiarò di averli fissati osservando da 3300 m di altezza da qualche sito maya, anche se non dice quale).

Come si vede dalla figura a fianco, il 21 dicembre 2012 non si è verificato alcun particolare allineamento dei pianeti (da Sky & Telescope*, modificato).*

Pagina del Codice di Dresda. Si tratta dell'unico testo maya redatto prima della conquista spagnola giunto fino a noi. É stato compilato a Chichen Itzà fra l'XI e il XII secolo. Contiene dati astronomici e calendariali, riguardanti soprattutto la Luna e Venere, eccezionalmente precisi.

Pertanto per i Maya era assolutamente impossibile fissare un centro della Via Lattea che potesse coincidere con quello moderno. Jenkins in effetti riconobbe che il Sole solstiziale avrebbe potuto attraversare il centro galattico in qualunque momento fra il 1980 e il 2016. In altri luoghi del libro addirittura espanse questo intervallo a 900 anni e si accontentò di un allineamento impreciso, al quale il 21 dicembre 2012 fu associato infine in modo arbitrario e tortuoso.

Stiamo sereni

Come già detto, non c'è nessuna traccia nei documenti maya che essi pensassero ad una fine del calendario o di un'era del mondo, né in modo straordinario né tanto meno catastrofico, il 21 dicembre 2012. Qualche testo sul computo lungo fa riferimento a molti passati *baktun* 13 e perfino al successivo *pictun* e oltre. Per esempio un'iscrizione che si trova a Palenque, commissionata dal re Pacal (settimo secolo) predice che verrà commemorato un anniversario della sua elezione il 15 ottobre 4772. In tutti i testi rimasti del computo lungo solo uno riporta la data del 2012, e si trova a Tortuguero, un sito maya nello stato messicano di Tabasco, e non vi si parla della fine del mondo.

Qualche sostenitore del giorno del giudizio afferma che la causa delle catastrofi sarà un allineamento planetario, ma non vi sarà nessuno di tali fenomeni nell'inverno del 2012. Nondimeno, costoro collegano l'immaginario allineamento con predizioni astrologiche o dichiarazioni infondate riguardanti un'inversione del campo magnetico terrestre o tempeste solari di potenza inaudita. I siti internet poi sono pieni di post riguardanti un pianeta fantasma, il cosiddetto Nibiru, che sarebbe in rotta di collisione con la Terra, una storia che va avanti già dal 1995. Naturalmente un tale pianeta non esiste, anche se qualcuno lo identifica con Eris, un pianeta nano che orbita però permanentemente oltre Plutone e attualmente si trova a ben 14 miliardi di km dalla Terra. Certi addirittura dicono che una cospirazione della NASA lo tiene segreto ma che si può comunque vedere dall'emisfero sud in piena luce del giorno! Nel mese di maggio avrebbe dovuto cominciare ad essere visibile anche dall'emisfero nord, ma per ora se ne sono perse le tracce.

Altri buontemponi sul web, confondendo le cose circa la congiunzione del Sole col centro galattico, sostengono che la nostra stella sta cadendo a capofitto nel centro della Via Lattea trascinando con sé la Terra, provocando a causa di questo lo spostamento dell'asse terrestre. Sulla rete si trovano su questo argomento molte altre storie anche più insensate e farneticanti di queste ma, per carità di patria, ci fermiamo qui.

Veduta notturna del tempio a piramide di Kukulcan a Chichen-Itza.

"Scenari per la fine del mondo" è il libro di Gabriele Vanin dal quale è stato tratto questo articolo. Per l'acquisto visitate il sito dell'Autore: http://www.gabrielevanin.it/

Gabriele Vanin è Presidente emerito dell'UAI e Presidente dell'Associazione Rheticus. Ha pubblicato 450 articoli e 25 libri, alcuni dei quali tradotti in Francia, Germania, Canada e Stati Uniti. Ha tradotto e curato le opere di alcuni importanti astronomi stranieri. Si occupa soprattutto di comete e meteore, supernovae, storia dell'astronomia, divulgazione e didattica. Ha appena pubblicato "Scenari per la fine del mondo", edizioni Rheticus.

NOTE

NOTA n. 1: Nel senso che chiunque, a posteriori, ha letto nelle sue quartine ciò che gli ha fatto comodo: nessuno, però, è mai riuscito, basandosi su di esse, a prevedere veramente un evento futuro.

NOTA n. 2: L'attenzione su quell'evento fu provocata da un libro scritto dall'astrofisico britannico John Gribbin nel 1976 intitolato appunto The Jupiter effect, secondo il quale la disposizione di tutti i pianeti entro un angolo di 95° avrebbe provocato catastrofi enormi, fra cui un potente terremoto in California. Anche se in seguito Gribbin si votò alla divulgazione scientifica corretta (ha recentemente pubblicato il suo 100° libro) e prese le distanze da quella sua prima opera, l'episodio lascia ancora oggi molto perplessi e getta ombre sull'onestà intellettuale di uno scienziato che pubblica spazzatura simile. Anche perché molti considerano, e forse giustamente, che quel libro sia stato l'inizio, il padre di tutte le scempiaggini pseudoscientifiche da new age che ci hanno in seguito inondato. Il fatto poi che l'autore fosse uno scienziato ovviamente ha dato all'opera un credito superiore. Chissà se quello che ha scritto in seguito Gribbin è stato altrettanto affidabile?

NOTA n. 3: Se quest'ultima spiegazione può apparire troppo macchinosa, va comunque rilevato che i Maya usavano effettivamente lo tzolkin per prevedere il momento delle eclissi.

NOTA n. 4: I missionari cristiani bruciarono e distrussero quasi tutti i documenti originali maya, definendoli materiale per l'adorazione del diavolo. Come scrive Anthony Aveni, ciò che è sopravvissuto può stare sullo spazio di una normale scrivania.

I Presupposti della Teoria Copernicana

Alessandro Giostra
giostra.al@libero.it

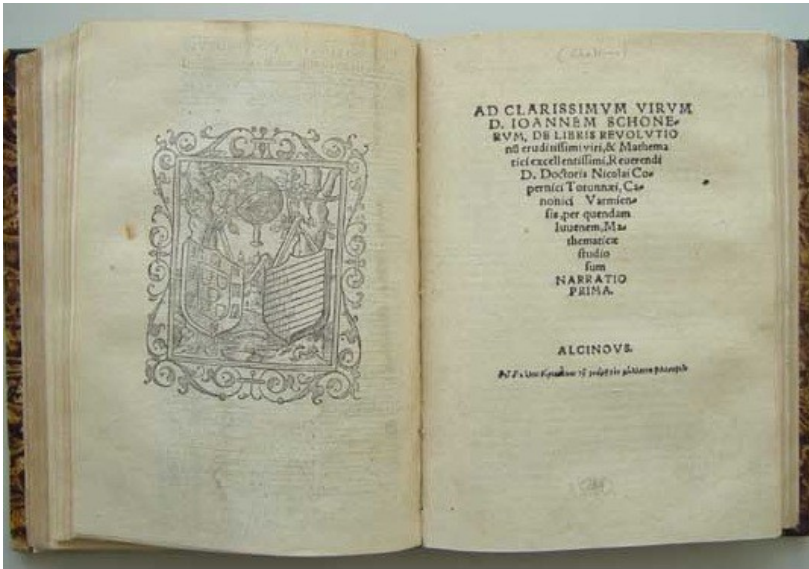
Introduzione
La maggior parte degli storici della scienza è concorde nell'indicare nel 1543, anno della pubblicazione del *De Revolutionibus Orbium Coelestium* di Copernico (1473-1543), l'inizio della Rivoluzione Scientifica moderna. Una certa 'vulgata', in maniera abbastanza superficiale, vede nei contenuti di quest'opera uno stravolgimento totale delle conoscenze e dei metodi di indagine precedenti. Non è certo mia intenzione negare la portata innovativa del lavoro dell'astronomo polacco, ma solo quella di delineare in che modo alcuni suoi fondamenti rappresentano l'inizio di una nuova visione dell'astronomia e, più in generale, della conoscenza naturale. In realtà l'impostazione di Copernico contiene grandi novità, insieme a principi derivati dalla concezione tradizionale. Il primo libro dell'opera e la lettera dedicatoria al Papa Paolo III (1468-1549) possono essere considerati una specie di piano generale di tutto il lavoro. L'analisi di questa sezione iniziale metterà in evidenza quali sono i fondamenti metodologici e filosofici adottati dall'astronomo polacco e in che modo gli stessi rientrano nell'ambito della svolta scientifica moderna.

Il *De Revolutionibus Orbium Coelestium* ha avuto una storia travagliata. L'autore, consapevole delle rilevanti innovazioni in esso esposte, ha indugiato a lungo prima di pubblicare il lavoro. Probabilmente Copernico ha maturato la sua teoria nel periodo del suo trasferimento da Warmia a Frauenburg, avvenuto nel 1510. Una prima sommaria esposizione del suo sistema è stata presentata nel *Commentariolus*, un manoscritto compilato prima del 1514. Dopo molti anni di osservazioni e calcoli, il lavoro è pressoché pronto nel 1539, l'anno nel quale inizia la sua collaborazione con l'astronomo George Joachim Rheticus (1514-1574), insegnante a Wittenberg. Quest'ultimo nel 1540, dopo aver attentamente valutato i suoi contenuti, scrive la *Narratio Prima*, una sorta di sunto del *De Revolutionibus*, redatto in forma di lettera al suo amico Johannes Schöner (1477-1547). E' stato lo stesso Rheticus che si è occupato della stampa del *De Revolutionibus* a partire dalla primavera del 1542. In

Ritratto postumo di Nicolò Copernico, con epitaffio, conservato nella Basilica di San Giovanni a Toruń, città natale del grande astronomo polacco.

seguito all'abbandono da parte di Rheticus di questo compito, per aver accettato un incarico a Leipzig nell'autunno dello stesso anno, il lavoro di supervisione viene portato a termine dal teologo luterano Andrea Osiander (1498-1552), che aggiunge all'opera una prefazione anonima i cui contenuti sono stati illustrati nel corso di questo saggio. Con tutta probabilità Copernico non ha saputo mai nulla di questa prefazione, avendo subito nel dicembre 1542 un ictus che lo ha condotto alla morte il 24 maggio 1543. I primi volumi dell'opera, infatti, sono stati stampati durante gli ultimi giorni di vita dello scienziato polacco (***nota n. 1***). In questo articolo la maggior parte delle citazioni è stata ripresa dalla parziale traduzione del *De Revolutionibus* effettuata da A. Koyré (1892-1964) (***nota n. 2***). Da ora in poi, i riferimenti a

AD CLARISSIMVM VIRVM
D. IOANNEM SCHONE-
RVM, DE LIBRIS REVOLVTIO
nũ eruditissimi viri, & Mathema
tici excellentissimi, Reuerendi
D. Doctoris Nicolai Co-
pernici Torunnæi, Ca-
nonici Varmien-
sis, per quendam
Iuuenem, Ma-
thematicæ
studio
sum
NARRATIO
PRIMA.

ALCINOVS.

Sopra, il frontespizio della "Narratio prima" e, a destra, il ritratto del suo autore, George Joachim Rheticus.

quest'opera saranno indicati sul testo in parentesi con la sigla *De Rev.*, seguita dal numero delle pagine.

Il realismo matematico dell'ipotesi copernicana

Una caratteristica che subito risalta dalla lettura dell'opera è la dichiarata specificità matematica dell'astronomia e la conseguente necessità che solo i matematici competenti esprimano un parere in merito a questioni astronomiche: "La matematica si scrive per i matematici" (*De Rev.*, p. 23) ("mathemata mathematicis scribuntur"). Tale peculiarità è senz'altro un aspetto fondamentale della nuova visione della scienza; ad essa, tuttavia, occorre aggiungere un particolare. La specificità matematica della nuova impostazione è fondata su una visione del tutto realista della scienza. All'inizio dell'opera, nella suddetta lettera anonima, Osiander, probabilmente per evitare ogni possibile scontro con l'interpretazione di alcuni noti passi biblici, e per la difficoltà di conciliazione con l'esperienza comunemente accettata dei fenomeni, dichiara che la teoria copericana, al pari di tutte le altre, consiste solo in una nuova interessante ipotesi di calcolo:

"*È compito dell'astronomo infatti comporre, mediante un'osservazione diligente ed abile, la storia dei movimenti celesti e quindi di cercarne le cause ovvero, poiché in nessun modo è possibile cogliere quelle vere, di immaginare ed inventare delle ipotesi qualsiasi sulla cui base questi movimenti, sia riguardo al futuro sia al passato, possano essere calcolati con esattezza conformemente ai princípi della geometria. E questi due compiti l'autore di quest'opera li ha assolti egregiamente. Poiché infatti non è necessario che queste ipotesi siano vere e neppure verosimili, ma basta questo soltanto: che esse offrano dei calcoli conformi all'osservazione [...] Ci sono tuttavia in questa scienza cose non meno assurde che però non è necessario esaminare adesso in questa sede. Risulta infatti abbastanza chiaro che tale arte, in modo semplice e totale, ignora le cause dei movimenti irregolari dei fenomeni celesti. E se quindi ne escogita qualcuna con l'immaginazione - e ne escogita moltissime - essa non le escogita affatto per persuadere qualcuno che le cose stanno così, ma solo perché vi si possa fondare un calcolo esatto" (De Rev., pp. 3-5).*

Il programma copernicano, comunque, è del tutto diverso da quanto dichiarato in questa prefazione, le cui asserzioni si ispirano alla metodologia tolemaica. Dall'inizio della sua diffusione, infatti, tutti i primi lettori del *De Revolutionibus* hanno colto il realismo di questa teoria che, mettendo il Sole al centro, permette di descrivere un universo più armonico e razionale:

"*Forse quanto più assurda apparirà ora alla maggior parte di loro la mia dottrina sul movimento della Terra, tanto maggiore ammirazione e gratitudine riceverà dopo che in seguito all'edizione dei miei commentari essi vedranno dissolte le nebbie dell'assurdità con chiarissime dimostrazioni*" (*De Rev.*, p. 13).

La precisione matematica e la realtà fisica del modello copernicano presuppongono che il nuovo disegno dell'universo non sia solo più armonico del precedente, ma anche immodificabile. In altre parole, la realtà fisica della geometria comporta il rifiuto di poter aggiungere

nuove sfere o di introdurre qualsivoglia altro artificio matematico allo scopo di far meglio corrispondere la teoria alle osservazioni:

"*Pertanto, posti i movimenti che più avanti nella mia opera attribuisco alla Terra, trovai finalmente, dopo molte e lunghe osservazioni che se si rapportavano alla circolazione della Terra i movimenti delle altre stelle e si calcolavano per la rivoluzione di ogni stella, non solo ne conseguivano i fenomeni di esse, ma anche gli ordini e le grandezze delle stelle e di tutti gli orbi, e lo stesso cielo così si connette che in nessuna sua parte può trasporsi qualcosa senza che ne derivi confusione nelle altre parti e nella sua totalità*" (De Rev., pp. 19-21).

'Salvare i fenomeni', dunque, non vuol dire semplicemente costruire una teoria in accordo con l'esperienza, ma descrivere la reale struttura geometrica dell'universo come unico modo possibile per giustificare le osservazioni:

"*Negli altri libri poi, rapporto i movimenti delle altre stelle e di tutti gli orbi alla mobilità della Terra, affinchè di lì si possa dedurre in quale misura sia possibile salvare i movimenti e le apparenze delle altre stelle e degli orbi, se si rapportano al movimento della Terra*" (De Rev., p. 21).

L'opera di Copernico costituisce un momento fondamentale nel processo di matematizzazione dell'universo. Una delle innovazioni apportate dall'astronomo polacco è data dalla sostituzione della finalità fisica del mondo aristotelico con una finalità strettamente correlata alla struttura geometrica dei corpi celesti. Mentre per Aristotele le sfere ruotano essendo divine, eterne e perfette, per Copernico esse ruotano solo in quanto sferiche.

"*Dopo ciò, ricorderemo che il movimento dei corpi celesti è circolare. Infatti la mobilità propria della sfera consiste nel ruotare in circolo, esprimendo con questo stesso atto la sua forma, nel corpo più semplice, dove non si può trovare principio né fine, né distinguere l'uno dall'altro, mentre per essa si muove su se stessa*" (De Rev., p. 47).

In questa affermazione, posta all'inizio del quarto capitolo del libro primo, Copernico utilizza la terminologia

NICOLAI
COPERNICI TO-
RINENSIS DE REVOLVTIONI-
bus orbium cœlestium,
Libri VI.
IN QVIBVS STELLARVM ET FI-
XARVM ET ERRATICARVM MOTVS, EX VETE-
ribus atq; recentibus obseruationibus, restituit hic autor.
Præterea tabulas expeditas luculentasq; addidit, ex qui-
bus eosdem motus ad quoduis tempus Mathe-
matum studiosus facillime calcu-
lare poterit.
ITEM, DE LIBRIS REVOLVTIONVM NICOLAI
Copernici Narratio prima, per M. Georgium Ioachi-
mum Rheticum ad D. Ioan. Schone-
rum scripta.
Cum Gratia & Priuilegio Cæs. Maiest.
BASILEAE, EX OFFICINA
HENRICPETRINA.
1566.

Frontespizio della seconda edizione del "De Revolutionibus" di Copernico, pubblicata a Basilea nel 1566.

aristotelica per indicare come l'atto, inteso come realizzazione di una forma, è riconducibile soltanto alla struttura geometrica dei corpi celesti. Si tratta di un concetto essenziale in quel processo di quantificazione dei fenomeni tipico della Rivoluzione Scientifica. Il suo significato, inoltre, è alla base dell'abbattimento della divisione tra fenomeni celesti e sublunari che ha caratterizzato la cosmologia aristotelica e, più in generale, tutta la filosofia naturale del passato. La Terra è un corpo sferico e, pertanto, si muove su se stessa; la sua sfera, alla pari delle altre sfere planetarie, si muove intorno al Sole. Dopo aver illustrato le ragioni del moto circolare dei corpi celesti, Copernico estende le sue considerazioni anche a quello terrestre:

"*E' già stato dimostrato che anche la Terra ha la forma di un globo; resta da vedere, mi sembra, se anche il movimento ne segua la forma e quale luogo dell'universo occupi, senza di che non si può trovare un calcolo sicuro delle apparenze celesti*" (De Rev., p. 53).

L'uniformità del movimento terrestre e di quello celeste, dovuta alla loro comune finalità ("inclinazione") viene esplicitata da Copernico facendo riferimento al pensiero pitagorico:

"*Nè sarebbe da stupire se qualcuno, oltre alla rivoluzione diurna, pensasse qualche altro movimento della Terra. Infatti, che la Terra ruoti e anche vaghi con diversi movimenti, e che sia uno degli astri, si dice che pensasse il pitagorico Filolao, matematico non spregevole* (De Rev., p. 55) [...] *E questa inclinazione è credibile sia insita anche nel Sole, nella Luna e negli altri splendori erranti, cosicchè per la sua efficacia essi restano in quella rotondità con cui si presentano, sebbene in molti modi effettuino i loro circuiti*" (De Rev., p. 85).

L'impossibilità del moto terrestre è sostenuta da Tolomeo (100-175 ca) nel settimo capitolo del primo libro dell'*Almagesto*, nel quale l'astronomo alessandrino precisa che se la Terra si muovesse, il suo movimento influenzerebbe quello dei corpi sulla sua superficie, come nel caso della caduta dei gravi, e la Terra stessa, inoltre, andrebbe incontro alla sua distruzione. La finalità geometrica dei corpi circolari, invece, induce Copernico a rielaborare la distinzione aristotelica tra moti naturali e violenti per dimostrare la caratteristica naturale del moto terrestre. Questa sarebbe la ragione per cui tale moto non comporterebbe alcuna conseguenza visibile:

"*Ma se qualcuno pensasse che la Terra gira, direbbe in ogni modo che il moto è naturale, non violento. Ora, le cose che sono secondo natura operano effetti contrari di quelle che sono secondo violenza. Quelle infatti alle quali è applicata forza o impeto devono di necessità dissolversi, né possono sussistere a lungo; invece quelle che sono fatte dalla natura, stanno sicuramente e si conservano nella loro migliore composizione. Invano, dunque, Tolomeo teme che la Terra si disperda e con essa tutte le cose terrestri nella rivoluzione che avviene per azione della natura, che è ben diversa dall'arte o da quella che può derivare per effetto dell'ingegno umano*" (De Rev., p. 71).

Copernico, pertanto, mantiene la tradizionale concezione di un universo finito e ordinato, ma propone una nuova idea di ordine, fondata esclusivamente sui rapporti matematici:

"*Perchè, dunque, esiteremo ancora ad attribuirle una mobilità conforme per natura alla sua forma, piuttosto che estendere l'intero mondo, di cui si ignorano i confini, né è possibile conoscerli, e perchè non ammetteremo che della sua quotidiana rivoluzione vi è in cielo apparenza, in Terra verità?*" (De Rev., p. 73).

Anche la regolarità dei moti celesti è legata necessariamente alla loro struttura geometrica perfettamente sferica:

"*Ora il (movimento) circolare prosegue sempre in modo uniforme, poiché ha una causa costante*" (De Rev., p. 79).

L'armonia del nuovo modello astronomico è, dunque, parte integrante del rigore concettuale, del finalismo geometrico e dell'impostazione realista della teoria copernicana che evita il ricorso a costruzioni geometriche fittizie:

"*Il che credo sia più facile da concedere che lacerare l'intelletto in una moltitudine quasi infinita di orbi, come sono stati costretti coloro che posero la Terra al centro del mondo. E' da seguire piuttosto l'avvedutezza della natura, che come si è soprattutto guardata dal produrre alcunché di superfluo e di inutile, così ha piuttosto dotato spesso una sola cosa di molti effetti*" (De Rev., p. 97).

La dimensione religiosa dell'opera copernicana
Copernico non è stato un filosofo nel senso tradizionale di questo termine.
Nel primo libro del *De Revolutionibus* e nella lettera dedicatoria al Papa Paolo III si notano, comunque, alcuni spunti interessanti riguardanti la dimensione religiosa della sua astronomia. Da questi passi si può dedurre come lo scienziato polacco aderisca ad uno dei principi essenziali che ha accomunato i protagonisti della Rivoluzione Scientifica, cioè il riconoscimento dell'armonia matematica dell'universo come risultato della creazione divina.
Tale principio ha avuto un ruolo assolutamente rilevante nella svolta scientifica moderna; basti pensare ad autori come Keplero (1571-1630) e Galilei (1564-1642) che lo hanno espresso attraverso la metafora del 'libro della natura', opera della Parola Creatrice:

"*Pertanto, dopo avere a lungo riflettuto su questa incertezza dell'insegnamento delle matematiche a proposito della ricostituzione dei movimenti delle sfere dell'orbe, fui preso da irritazione per il fatto che nessun calcolo sicuro dei movimenti della macchina del mondo – creata per noi dal migliore e più perfetto Artefice – fosse noto ai filosofi, che pure avevano scrutato con tanta cura le minime cose di questo mondo*" (De Rev., pp. 17-19).

L'astronomia, in questo modo, appare a Copernico come quel campo di indagine nel quale più chiaramente si evince la bellezza del creato:

"*E come è proprio delle buone arti allontanare dal vizio e volgere la mente dell'uomo a cose migliori, questa (l'astronomia), oltre a un'incredibile voluttà dell'animo, può procurare ciò meglio di tutte. Chi, infatti, applicandosi a quelle cose che, costituite nell'ordine più eccellente, vedrà dirette da governo divino, non sarà spinto, dalla loro assidua contemplazione e da una certa consuetudine, alle cose migliori e non ammirerà l'Artefice di tutto, in cui è ogni felicità e ogni bene?*" (De Rev., p. 31).

Anche nel *De Revolutionibus*, pertanto, è presente quel principio di analogia, tipico di molte pagine famose della Rivoluzione Scientifica:

"*E non sarebbe stato forse invano che il divino salmista* **(*nota n. 3*)** *si sarebbe detto dilettato dalla creazione di Dio ed esultante per l'opera delle sue mani, se per questi mezzi, quasi mediante un veicolo, non fossimo condotti alla contemplazione del sommo bene?"* (De Rev., p. 31)[...] *tanto divina è per certo questa macchina dell'ottimo e massimo (Artefice).* (De Rev., p. 103)

La fiducia nell'esattezza del suo sistema porta Copernico ad anticipare le eventuali critiche da parte di coloro che vogliono rimanere attaccati al principio dell'immobilità della Terra, fondandosi sull'interpretazione letterale di alcuni versetti biblici.
Proprio la specificità matematica dell'astronomia annulla il giudizio di chi non è matematico e si appella a una superficiale interpretazione dei testi sacri. Nel passo che segue, Copernico lascia intendere la necessità di interpretare i passi in questione con l'ausilio del principio di accomodazione:

"*Se vi saranno per caso dei ciarloni che, pur ignorando completamente la matematica, tuttavia si arrogano il giudizio in merito ad essa, e in base a qualche passo della Scrittura, malamente distorto a loro comodo, ardiranno accusare e diffamare questa impresa, non mi curo affatto di loro, in quanto disprezzo il loro giudizio come temerario*" (De Rev., p. 23).

Il fatto che Copernico si sia affidato al principio di accomodazione risulta evidente anche da un passo del libro secondo di quest'opera, nel quale dichiara che spesso, per comodità di espressione, anche lui stesso ha parlato del moto del Sole e delle stelle:

"*Nessuno dovrebbe sorprendersi se ancora parliamo del sorgere e del tramontare del Sole e delle stelle, e di altre cose simili, ma dovrebbe capire che stiamo parlando con il comune modo di esprimersi che può essere compreso da tutti*" **(*nota n. 4*)**.

Un esempio in tal senso si trova nel capitolo secondo del libro primo, quando, esponendo la sfericità della Terra, Copernico adopera il linguaggio comune dell'esperienza sensoriale:

"*E parecchie stelle nel settentrione sembrano non tramontare, mentre altre nella regione australe sembrano non più levarsi*" (De Rev., p. 37).

Anche l'aver fatto ricorso al principio di accomodazione, fondandosi sulla specificità matematica della disciplina astronomica, è parte dell'eredità che Copernico ha lasciato ai suoi seguaci. E' nota la posizione in merito espressa nelle *Lettere Copernicane* **(*nota n. 5*)** di Galilei, così come nell'introduzione all'*Astronomia Nova* nella quale Keplero afferma che solo la conoscenza dell'astronomia matematica permette ai cultori di questa disciplina ("scientibus hominibus") di trovare il vero significato di un passo come quello di Giosuè 10,12-13:

"*Ma gli ignari guardano alla sola opposizione dei termini: il Sole si è fermato, cioè, in verità, la Terra. Non così fanno coloro che vedono come tale opposizione nasca solo all'interno dei contenuti dell'Ottica e dell'Astronomia*" **(*nota n. 6*)**.

Conclusioni

L'inversione del rapporto Sole-Terra in Copernico non è il frutto soltanto della sua genialità matematica, ma può essere visto anche come una sintesi degli elementi presi in considerazione in questo lavoro.

Nelle prime pagine del *De Revolutionibus* egli afferma di essere stato influenzato dal fallimento di tutte le soluzioni escogitate durante i secoli dai sostenitori della cosmologia geostatica. Allo stesso modo lo scienziato polacco non manca di parlare dello spunto ricevuto da quei pochi astronomi del passato che hanno suggerito l'idea del moto terrestre. Se si guarda più in profondità l'impianto generale della teoria copernicana, tuttavia, si possono rilevare anche gli influssi di un certo neoplatonismo per quanto concerne l'armonia matematica dell'universo e la centralità del sole. L'armonia universale è determinata dalla finalità geometrica dei corpi celesti. Questo ordine matematico è stato voluto da Dio come parte integrante della sua Rivelazione all'uomo. La fiducia in questa innovativa visione dell'universo armonico è stata alla base della teoria copernicana che in questa ottica ha saputo riutilizzare alcuni concetti chiave della cosmologia tradizionale, come quello di sfera celeste o della finalità insita nei corpi.

Questi presupposti sono basilari nell'opera di Copernico e rientrano a pieno titolo nell'insieme degli argomenti che permettono di valutare il *De Revolutionibus Orbium Coelestium* come il primo passo fondamentale della Rivoluzione Scientifica.

NOTE

NOTA n. 1: Per quanto riguarda le vicende di Copernico e della pubblicazione del *De Revolutionibus*, rimando alla consultazione delle più note storie dell'astronomia, ad esempio: J.L.E. Dreyer, *Storia dell'astronomia da Talete a Keplero*, Feltrinelli, Milano 1970 – C. Walker (ed.), *L'astronomia prima del telescopio*, Dedalo, Bari 1997.

NOTA n. 2: N. Copernico, *De Revolutionibus Orbium Coelestium*, a cura di A. Koyré, Einaudi, Torino 1975.

NOTA n. 3: In questo caso Copernico si rifà al testo dei Salmi 19 (18) e 104 (103). Secondo il principio di analogia l'ordine e la bellezza del creato, poiché sono dovuti all'opera del loro Autore, consentono all'uomo di riconoscerlo. L'espressione più nota di tale principio si ha nella *Sapienza* 13,5: "Difatti dalla grandezza e bellezza delle creature per analogia si conosce l'autore".

NOTA n. 4: Per approfondire la questione relativa al principio di accomodazione, mi permetto di suggerire il mio lavoro: Accomodar i pronunciati delle Sacre Lettere: l'interpretazione dell'Ecclesiaste 1,4-6 tra i primi sostenitori della teoria copernicana, Studia Patavina, anno LIII 2006, Maggio-Agosto, pp. 391-423.

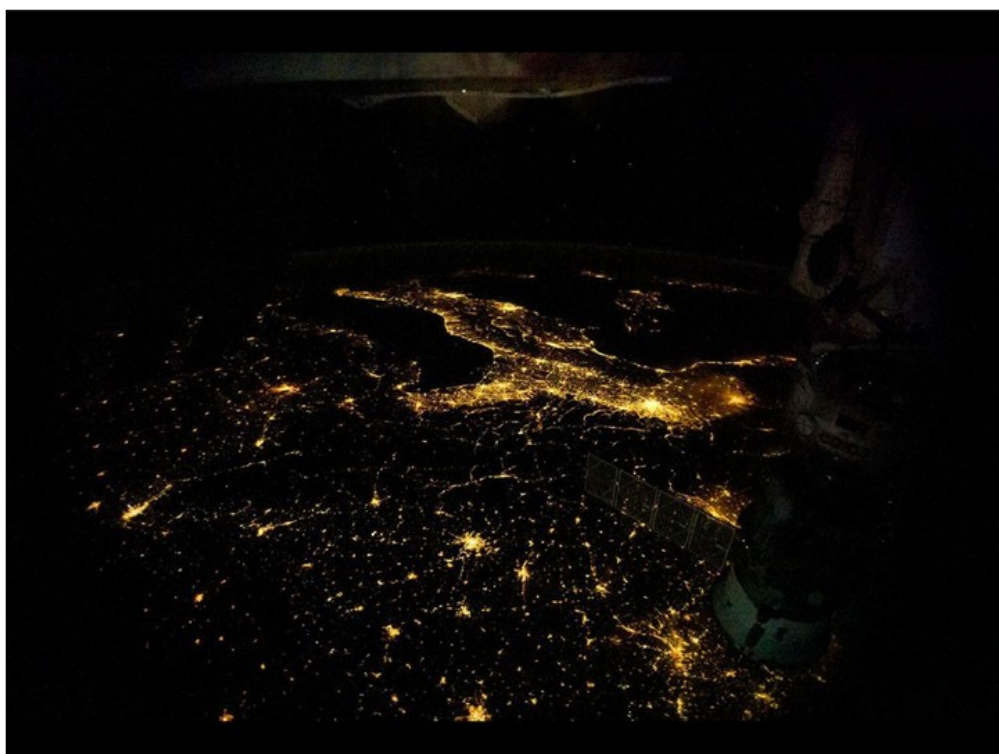
NOTA n. 5: G. Galilei, *Opere*, Edizione Nazionale a cura di Antonio Favaro, Firenze, Giunti-Barbera 1890-1909, V 261-370.

NOTA n. 6: Johannes Kepler, *Gesammelte Werke*, a cura di max Caspar & Walter Von Dyck, Monaco 1938, III p. 29. Per una lettura di quella parte dell'introduzione all'*Astronomia Nova* relativa al rapporto tra scienza ed esegesi biblica, rimando alla mia traduzione pubblicata dal portale della Documentazione Interdisciplinare di Scienza e Fede (http://www.disf.org/Documentazione/203.asp).

Alessandro Giostra, socio della Stanley Jaki Society, insegna filosofia e storia presso il Liceo Scientifico 'Orsini' di Ascoli Piceno. E' autore di diversi lavori nel campo della storia del pensiero filosofico e scientifico, tra i quali: *L'interpretazione dell'Ecclesiaste 1,4-6 tra i primi sostenitori della teoria copernicana* (Studia Patavina 2006), *Guidobaldo Del Monte e i nuovi corpi celesti* (Urbino 2007), *La crisi delle scienze e la fenomenologia della vita in prospettiva storico-teologica* (Roma 2011). Collabora come recensore di volumi riguardanti il suo ambito di ricerca con il portale DISF (Documentazione Interdisciplinare di Scienza e Fede) della Pontificia Università della Santa Croce e con la rivista internazionale *Reviews in Religion and Theology* (Wiley-Blackwell).

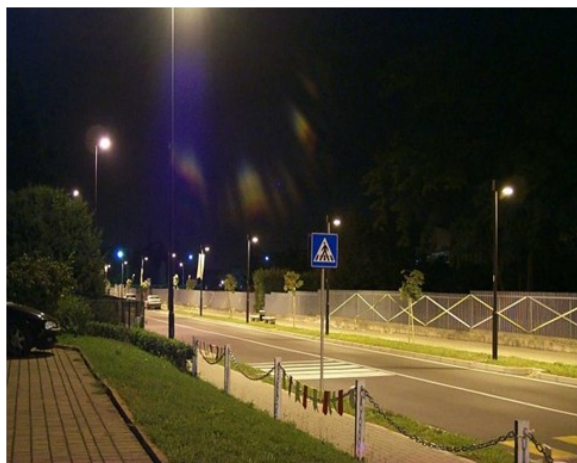
OPERAZIONE CIELI BUI
Quando il buio abbaglia

Francesco Giubbilini (Misterecolight)
Referente Light-is Toscana
fgiubbilini@misterecolight.it

Proprio così, l'iniziativa del Governo, proposta nell'Ottobre 2012, denominata "Cieli bui", ci ha insegnato una cosa: anche il buio abbaglia. E di abbagli ce ne sono stati davvero tanti.
Il primo abbaglio ritengo sia stato preso da chi, in modo maldestro, ha sottovalutato il peso delle parole dando all'operazione un nome così poco attraente, senza fornire nessuna ulteriore spiegazione. L'operazione Cieli bui è stata data in pasto ai media così, nuda e cruda. Anzi, è stata messa a bandiera di una legge, la Legge di Stabilità, che comporta ulteriori sacrifici e tagli nelle tasche degli italiani. "*Tasche vuote e Cieli bui, Allegria!*", così titola un editoriale di Carlo Cavicchi su *Quattroruote* di Novembre. L'editoriale è critico nei confronti dell'operazione "Cieli bui", paventando anche possibilità di morti a causa della stessa, scenario che non condivido. Ma ha un pregio: quello di richiamare alla mente un famoso italiano (che non c'è più) che ne sapeva davvero tanto di marketing e pubblicità e che probabilmente non avrebbe fatto errori così elementari. "*Allegria!*"
Prima di proseguire con l'analisi degli abbagli, facciamo un passo indietro.
L'operazione Cieli bui trae ispirazione dai suggerimenti giunti al governo da due associazioni nazionali, Cielobuio e Light-is. Queste associazioni sono composte da tecnici, astronomi, scienziati e semplici appassionati di astronomia. Da quasi 15 anni, si adoperano di concerto per studiare l'inquinamento luminoso e porvi rimedio. Non mi dilungherò parlando di questo, voglio solo far presente che non si tratta semplicemente di un mero problema economico. L'inquinamento luminoso è un problema che, al pari di altri affrontati più seriamente (come ad esempio l'inquinamento acustico), crea danni importanti e ben documentati alla nostra salute, agli animali e all'ambiente in generale. Grazie a queste associazioni, quasi tutte le Regioni italiane hanno una Legge

Visione notturna, dalla Stazione Spaziale Internazionale, di parte della nostra Penisola: da questo punto di vista privilegiato, ci accorgiamo di godere del niente affatto invidiabile primato di seconda nazione più brillante d'Europa, a causa di una eccessiva e spesso ingiustificata, illuminazione pubblica (fonte: MAGISSTRA).

Regionale o un regolamento per limitare l'inquinamento luminoso. Queste leggi non sono tutte ugualmente efficaci ma alcune sono così avanzate che sono state prese come modello da diversi regolamenti europei e mondiali (v. Slovenia, StarLight Initiative UNESCO ecc.). Il nome dell'operazione "Cieli bui" trae evidentemente spunto dal nome dell'associazione Cielobuio, che a sua volta si è ispirata all'americana International Dark-Sky Association fondata nel 1988. Il nome e ciò che evoca non hanno bisogno di spiegazioni nel mondo degli addetti ai lavori: rimanda a situazioni di cielo incontaminato e pieno di stelle. Il paradiso per astronomi ed astrofili. Diverso è, evidentemente, ciò che il nome evoca ai non addetti ai lavori.

Tornando agli abbagli provocati dal buio, passiamo al secondo, quello preso da molti giornalisti che si sono occupati dell'argomento e dai semplici cittadini che hanno commentato la notizia. Con rare eccezioni, abbiamo assistito ad un vero e proprio assalto a colpi di critiche aprioristiche, sarcastiche e soprattutto prive di ogni contenuto. Proprio la mancanza di contenuti è stato il filo conduttore dei molti interventi che nel giro di una decina di giorni si sono susseguiti sull'argomento. Analisi socio-filosofiche sulla paura del buio e sui significati simbolici dell'operazione. Quasi nessuno si è fermato ad analizzare quelle che in realtà sarebbero state le conseguenze della norma, anche perché la proposta del Governo è rimasta molto vaga e non si poteva far altro che parlare del niente. I vari commenti contrari alla proposta appaiono grotteschi se si pensa alle recenti notizie di Comuni, senza soldi, costretti a tenere spenti interi tratti di strade o a effettuare accensioni ritardate per risparmiare. Questa è l'ennesima riprova dell'incapacità italiana di agire con norme preventive anziché con norme d'emergenza. C'è, inoltre, un particolare che risulta incoerente nell'operato del Governo e che è rimasto quasi ignorato dai media. Negli stessi giorni (esattamente il 4 Ottobre) in cui il Governo proponeva la norma Cieli bui per ridurre le spese dei Comuni, l'UNI (Ente Nazionale Italiano di Unificazione) aggiornava la norma UNI 11248. La Norma UNI 11248 del 2007 stabiliva i valori minimi di illuminazione a terra per le varie tipologie di strade. Con l'aggiornamento del 2012, tali valori sono stati aumentati del 50%. Dato che le Leggi Regionali rendono la norma obbligatoria (per i nuovi impianti o gli adeguamenti), questo aggiornamento obbligherà i Comuni ad illuminare il 50% in più e quindi a spendere il 50% in più. Alla faccia dell'efficienza energetica! E pensare che, a livello europeo, siamo secondi solo alla la Spagna per quanto riguarda i consumi energetici pro-capite per i lampioni. Consumiamo più del doppio rispetto a Germania e Gran Bretagna e il risultato si vede! Dallo spazio siamo una delle nazioni europee più brillanti!

Il terzo abbaglio (anche se in questo caso non si può parlare di un vero e proprio abbaglio), riguarda tutti quelli che hanno sfruttato la situazione per fare del terrorismo mediatico e per attaccare il Governo da un

Le foto sopra, fonte: cielobuio.org

punto di vista politico. All'uscita della notizia, c'è stata un'immediata levata di scudi nei confronti della proposta, paventando aumento di morti e aggressioni a causa dell'aumento del buio. Di conseguenza, viene da pensare che, se illuminassimo ogni angolo delle città, le morti e le aggressioni diminuirebbero. L'esperienza insegna che non è così. Una cosa però è certa: illuminando di più, aumenta la percezione di sicurezza. Non è detto che questo sia un fatto negativo ma si dovrebbe avere l'onesta di spiegare la differenza tra percezione di sicurezza e sicurezza reale, senza demagogia. Altrimenti si prendono in giro le persone raccontando favolette. Aumentare la sicurezza reale non è così semplice, almeno non quanto lo sia aumentare quella percepita piantando qualche nuovo lampione. Oltretutto, una maggiore percezione di sicurezza, in alcune situazioni, può portare a risultati opposti a quelli desiderati. Ad esempio, un autista esperto e sicuro di sé, che corra a 180 km/h su una tangenziale, mette a repentaglio la propria vita e quella altrui, molto più di quanto non faccia un autista inesperto che avanza con prudenza perché non si sente sicuro.

Inoltre, la cronaca è piena di scippi, furti e omicidi avvenuti di giorno (sfido chiunque a scippare una vecchietta alle 2 di notte!). In realtà, gli incidenti e le aggressioni avvengono sia di notte che di giorno, per svariati motivi, alcuni riguardanti l'orario, altri no. Alcuni di questi motivi sono l'abuso di sostanze lecite e non, l'alta velocità, la stanchezza, l'incuria del manto stradale, la mancanza di piste ciclabili, le distrazioni, l'errata illuminazione, la scarsa presenza di forze dell'ordine (che comunque, esattamente come la luce, non potrebbero essere ovunque), lo scarso senso civico ecc. La realtà non è quella che vogliono farci credere. La realtà è che una persona, percorrendo una strada di notte con le luci abbassate del 30-40% (rispetto ai livelli medi di sovra-illuminazione che si riscontrano nelle nostre città), a fatica noterebbe la differenza e continuerebbe perfettamente a vedere quello che le accade intorno. Anzi, vedrebbe meglio quello che succede nelle zone circostanti, meno illuminate, perché non avrebbe l'occhio abbagliato dalla luce eccessiva.

Nemmeno i ladri (che per scassinare hanno, pure loro, bisogno della luce) si accorgerebbero di niente e potrebbero continuare a delinquere senza dover usare torce mobili, sospette nel buio della notte. La realtà è che ci sono tantissimi luoghi, in città, mal illuminati che creano pericolo. Uno dei luoghi maggiormente pericolosi e troppo spesso trascurato è l'attraversamento pedonale. Ci sono una moltitudine di attraversamenti male illuminati, in cui la luce dei lampioni abbaglia l'autista o non illumina correttamente chi attraversa. Ciò mette a repentaglio la vita delle persone. Ma non sono gli unici casi, purtroppo. Molti impianti di illuminazione rivolgono la loro luce direttamente verso la strada, abbagliando gli automobilisti e creando distrazione. Gli impianti abbaglianti sono, non a caso, vietati anche dal Codice della Strada oltre che dalle Leggi Regionali. A giudicare dalla quantità di impianti abbaglianti che si trovano sulle nostre strade, sembra che chi si dovrebbe occupare di sicurezza stradale ponga poca attenzione a questo problema.

Ad ogni modo, analizzando più da vicino la norma *Cieli bui*, ci si accorge che dietro a questo provvedimento dal nome tetro e cupo, ci sono delle proposte reali e di buon senso che possono aiutare a ridurre gli sprechi e ad aumentare il benessere e la sicurezza dei cittadini. E possono pure far risparmiare un po' di soldi. Ad esempio,

L'inquinamento luminoso sta crescendo in modo esponenziale, e con esso la luminosità del cielo. Dagli anni settanta ad oggi la luminosità artificiale del cielo è più che quadruplicata! Una valutazione globale del fenomeno dell'inquinamento luminoso però è stata resa possibile solo da pochi anni, grazie allo sviluppo delle tecnologie di osservazione satellitare.

si indica di voler raggiungere "*obiettivi di maggiore efficienza energetica*". Tale obiettivo può essere facilmente raggiunto utilizzando un criterio generale assodato nelle buone pratiche dell'illuminazione: "**illuminare meglio e solo dove serve**". Questo consentirebbe di spostare risorse e, al limite, illuminare altre zone poco illuminate, senza aumentare la spesa. Un altro passaggio raccomanda l'"*individuazione delle modalità di ammodernamento degli impianti o dispositivi di illuminazione*". Con i risparmi ottenuti riducendo gli sprechi, le Amministrazioni potrebbero procedere ad ammodernare i vecchi impianti, realizzando infrastrutture migliori e più sicure. Ad esempio, i nuovi impianti di illuminazione possono essere dotati di telecamere ed allarmi, da installare nelle zone a maggior rischio di furti ed aggressioni. Oppure gli impianti potrebbero essere riprogettati per garantire una illuminazione più diffusa che consenta di vedere bene anche le zone circostanti non illuminate (utile ad esempio in un parco cittadino). Un'ultima nota, i famigerati affievolimenti, che tanto hanno spaventato l'opinione pubblica, sono già obbligatori, da molti anni, in molte delle Regioni che hanno una Legge Regionale contro l'inquinamento luminoso. Dove sono applicati, non c'è nessun problema aggiuntivo, a fronte di considerevoli risparmi energetici e manutentivi.

Guardando ai prossimi anni, sicuramente la tecnologia ci verrà incontro e ci aiuterà a ridurre gli sprechi. Dobbiamo però fare attenzione alla mancanza di regole e cultura. Come insegna il paradosso di Jevons (correntemente utilizzato anche in campo economico): "*I miglioramenti tecnologici che aumentano l'efficienza con cui una risorsa è usata possono fare aumentare il consumo totale di quella risorsa, invece di farlo diminuire*" (Wikipedia). Da questo si capisce che l'avvento dei LED o di altre soluzioni più efficienti dal punto di vista energetico, non necessariamente sono in grado, senza altri interventi, di invertire la tendenza del crescente consumo energetico per l'illuminazione.

Dobbiamo riuscire a spezzare il dogma "più luce=più sicurezza", usato da anni dalla classe politica per ottenere facili consensi ma scarsi o controproducenti risultati pratici. Solo con una corretta informazione e facendo cultura sull'argomento potremmo arrivare finalmente ad avere città ben illuminate, meno *energivore* e più sicure. Ne trarrà vantaggio il portafoglio, la salute e l'ambiente che ci ospita.

Francesco Giubbilini – Ingegnere ambientale e astrofilo, dal 2007 ha iniziato a studiare e monitorare in modo sistematico l'inquinamento luminoso nei suoi vari aspetti e implicazioni. A oggi in Italia rappresenta un raro caso di coniugazione di competenze tecniche e normative con esperienze documentate nel campo della didattica e della comunicazione ambientale su questa problematica.

IL RISVEGLIO DEL CENTRO GALATTICO

Cesare Guaita
Gruppo AstronomicoTradatese/Planetario di Milano

Da settembre 2013 una nube di 3 masse terrestri precipiterà nel buco nero situato al centro della nostra galassia, causandone probabilmente un risveglio da un torpore che durava da milioni di anni. Grazie alle moderne tecniche di neutralizzazione della turbolenza ed alla combinazione interferometrica dei telescopi ESO di Paranal, l' umanità potrà seguire in diretta un tipo di evento che finora era stato osservato solo in galassie lontanissime.

FIG. 1: *Il telescopio VLT-4 (Yepun) da 8,2 m di Cerro Paranal, con in funzione la guida laser del sistema di ottica adattiva.*

Chi capita a Paranal in visita o per ragioni di studio e vi rimane anche durante la notte, rimane spesso davvero colpito da quello che succede al telescopio VLT-4 (Yepun): il buio fantastico del cielo di Paranal, illuminato solo dal centro della Via Lattea australe, viene in certo momenti 'perforato' da un sottilissimo pennacchio di luce gialla, emergente dal fuoco secondario del VLT-4. Basta una normale macchina digitale, un obiettivo da 50 mm ed una posa fissa di una ventina di secondi a 400-800 ASA per immortalare questo innaturale 'intruso' sullo sfondo della Via Lattea.
Si tratta dell'accensione del fenomenale sistema di ottica adattiva (AO) con la quale sul VLT-4 (ma anche ormai su tutti i massimi telescopi nel mondo) si cerca di eliminare il più possibile i disturbi dovuti alla turbolenza atmosferica. Il concetto di AO è noto: si intercetta il raggio di luce raccolto dal telescopio con uno o più specchi che si deformano di continuo per neutralizzare la turbolenza.
Questo specchio deformabile può essere inserito all'interno degli strumenti applicati al telescopio, oppure può essere parte del telescopio stesso (in particolare, come programmato per il VLT-4, si può lavorare sul secondario, utilizzando uno specchio sottilissimo magari non di vetro ma di berillio). Come riferimento si utilizza il segnale che arriva da una stella o più stelle piuttosto luminose (m<16) nei pressi del campo di interesse. In mancanza di una stella adeguata si può creare una 'stella artificiale' facendo riflettere uno o più raggi laser a 589 nm contro lo strato di atomi di Sodio che i meteoriti depositano a circa 90 km di altezza, una quota più che sufficiente per inglobare la quasi totalità della turbolenza atmosferica del punto dove sta puntando il telescopio.

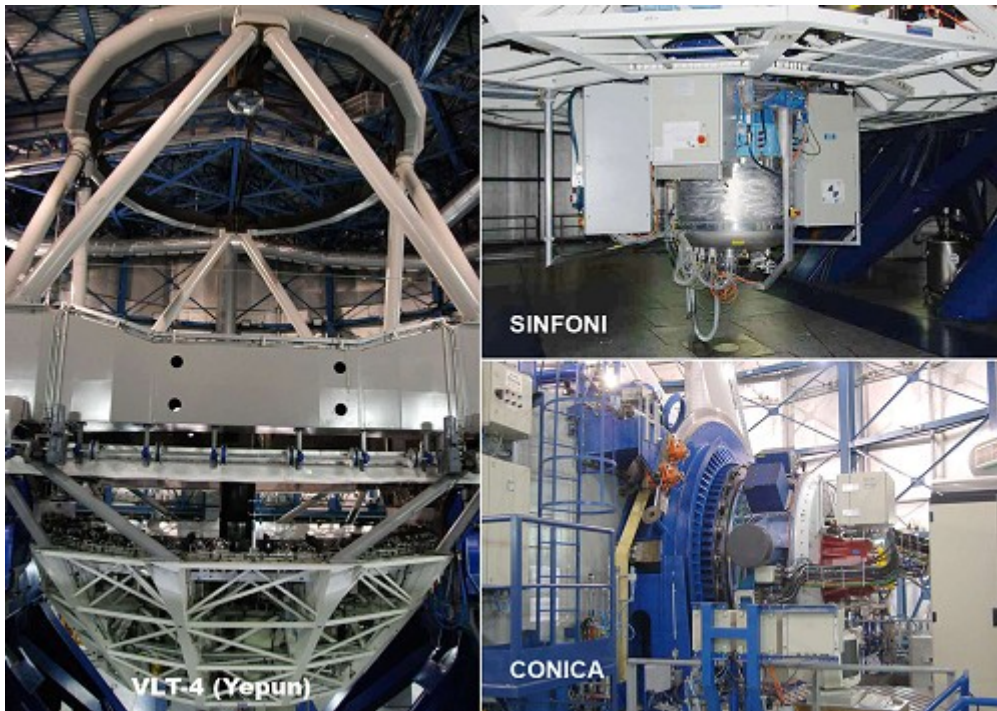



FIG. 2: *La camera NACO e lo spettrometro SINFONI dotati di un sistema di ottica adattiva di ultima generazione, applicati ad un fuoco Nasmyth ed al fuoco Cassegrain del VLT-4 di Paranal.*

Quindi il sottile raggio di luce gialla che si vede a volte emergere dal VLT-4 di Paranal altro non è che la guida laser per il suo sistema di AO.

Il primo strumento 'adattivo' venne collocato a Paranal nel 2002 in uno dei due fuochi Nasmyth del VLT-4: si tratta della camera NACO (NAOS-CONICA, dove NAOS significa Nasmyth Adaptive Optics System e CONICA significa COude Near Infrared CAmera) in grado di produrre immagini e spettri infrarossi (0,45-2,5 micron) con una risoluzione straordinaria e paragonabile al limite teorico del telescopio (come può fare, per intenderci, lo Space Telescope). Dal 2004 il fuoco Cassegrain di VLT-4 è occupato da SINFONI Spectrograph for INtegral Field Observations in the Near Infrared), uno spettrografo che lavora nel range 1,1-2,45 micron, raggiungendo una risoluzione di 0,1" grazie all'accoppiamento con un nuovo sistema di AO denominato MACAO (Multi-Application Curvature Adaptive Optics): molti specchi deformabili permettono a MACAO di fornire un campo corretto fino a 10", utilizzando come riferimento anche stelle molto deboli (fino a m=19).

Queste caratteristiche si sono rivelate ideali per lo studio di nuclei galattici attivi ed anche per carpire i primi segreti al nucleo galattico più vicino a noi, vale a dire il centro della Via Lattea, dal quale ci separano 26.000 a.l. Nel caso specifico del centro galattico, è stato anche necessario lavorare nel vicino infrarosso per neutralizzare l'ostacolo della polvere, che costituisce una barriera praticamente insormontabile nell' ottico (dove c'è una estinzione di ben 25 magnitudini).

Il sospetto che esista un buco nero al centro della Via Lattea risale agli anni 70 quando venne scoperta, a 20 cm di lunghezza d'onda, una intensa radiosorgente denominata Sagittarius A* (Sgr A*) (1974, VLA di Socorro) coincidente con centro galattico: alcune strutture filamentose di gas caldo, sembravano indicare che il nucleo galattico fosse dotato di un intenso campo magnetico. Negli anni Ottanta, immagini radio a 3,6 cm della regione di 15 a.l. attorno a SgrA* mostrarono la presenza di bracci gassosi spiraliformi, a dimostrazione che il nucleo galattico è dotato anche di una rotazione intrinseca. Alla fine degli anni Novanta il satellite Chandra scoprì che SgrA* emetteva raggi X con intensità spesso variabile. Erano tutte indicazioni (sul modello dei nuclei galattici attivi e dei quasar) che SgrA* potesse nascondere un buco nero.

Ma la prova decisiva dell'esistenza di questo buco nero poteva essere raggiunta solo calcolandone con precisione la massa.

Il calcolo è concettualmente molto semplice, qualora si conoscano i parametri orbitali di una o (meglio) più stelle in orbita molto prossima al buco nero centrale. Infatti se M_S è la massa di una di queste stelle ed M_{Nucleo} la massa dell' ipotetico buco nero centrale, basta applicare la terza legge di Keplero in questo modo semplificato:

$$M_{Nucleo} + M_S = r^3/P^2$$

$$P = 2\pi r/v$$

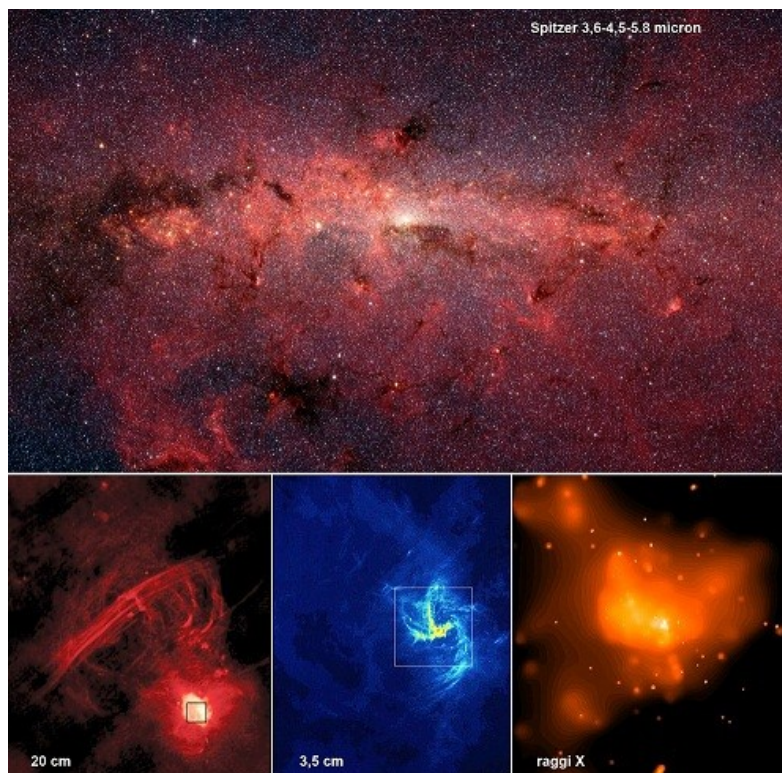



FIG. 3: *In alto: il centro galattico in un'immagine ripresa in infrarosso nel 2005 dalla camera IRAC (InfraRed Array Camera) a bordo del satellite Spitzer, con una posa cumulativa di 16 ore.*
In basso: il nucleo galattico SgrA ripreso a lunghezza d'onda decrescente (quindi con risoluzione crescente). L'immagine di sinistra a 20 cm (VLA, anni 70) sembra indicare la presenza di archi 'magnetici' (un campo magnetico insomma intrinseco a SgrA*). L'immagine al centro a 3,5 cm (VLA anni 80) sembra indicare che SgrA* possiede una propria rotazione. L'immagine di destra nei raggi X (satellite Chandra, 2000) dimostra che i dintorni del centro galattico possono a volte scaldarsi all'improvviso (materiale esterno in caduta sul buco nero?) .*

con $M_{Nucleo} + M_S = M_{Nucleo}$ (essendo M_S trascurabile rispetto a M_{Nucleo}); P= Periodo orbitale di S, v= velocità orbitale media di S, r= distanza media di S dal corpo massiccio centrale.
La verità è che la regione centrale della Via Lattea è affollatissima di stelle, quindi era necessario un sistema (la tecnologia AO appunto) che conferisse una risoluzione capace di distinguere le singole stelle, onde determinarne sia le caratteristiche fisiche che dinamiche. Le prove osservative decisive sono state ottenute negli ultimi 10 anni soprattutto da un team di scienziati tedeschi dell' MPE (Max Planck Institute fur Extraterrestrische Physik) guidati da R. Genzel. NACO e SINFONI hanno lavorato per un decennio sui movimenti di alcune decine di stelle vicine alla sorgente SgrA*.
NACO ha ripreso immagini ad altissima risoluzione della regione di 1" (45 giorni luce) attorno a SgrA* per determinare le posizioni lungo la linea di vista, mentre SINFONI ne ha misurato gli spostamenti Doppler delle principali righe spettrali per determinare i movimenti in senso radiale. In questo modo R. Genzel ed il suo gruppo sono riusciti a determinare, per una trentina di queste stelle, lo spostamento tridimensionale e quindi buona parte del periodo orbitale attorno a SgrA*.

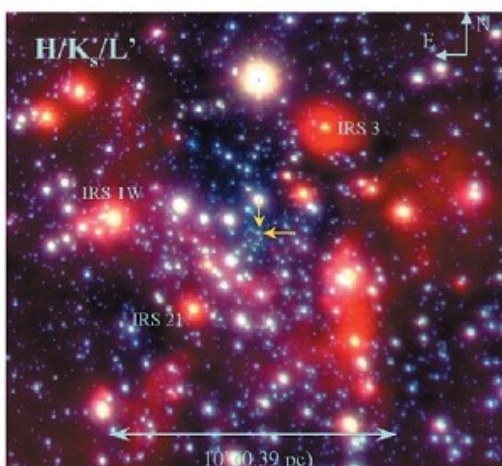
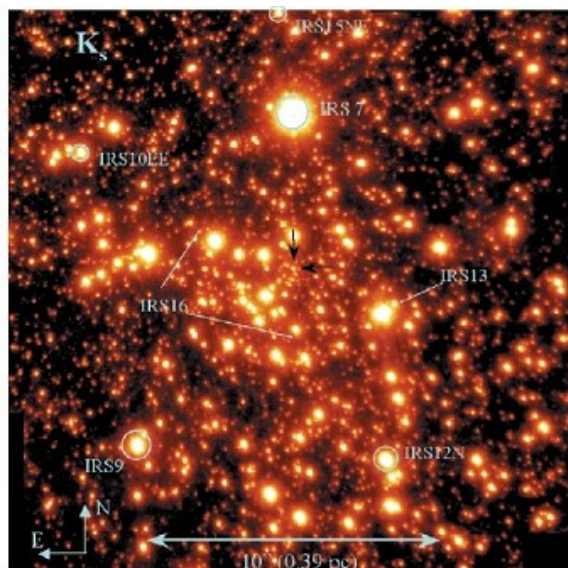



FIG. 4: *Gli affollati dintorni del centro galattico ripresi dalla camera adattiva NACO a 2,23 micron (banda K a sinistra) e a 3,8 micron (banda L a destra).*

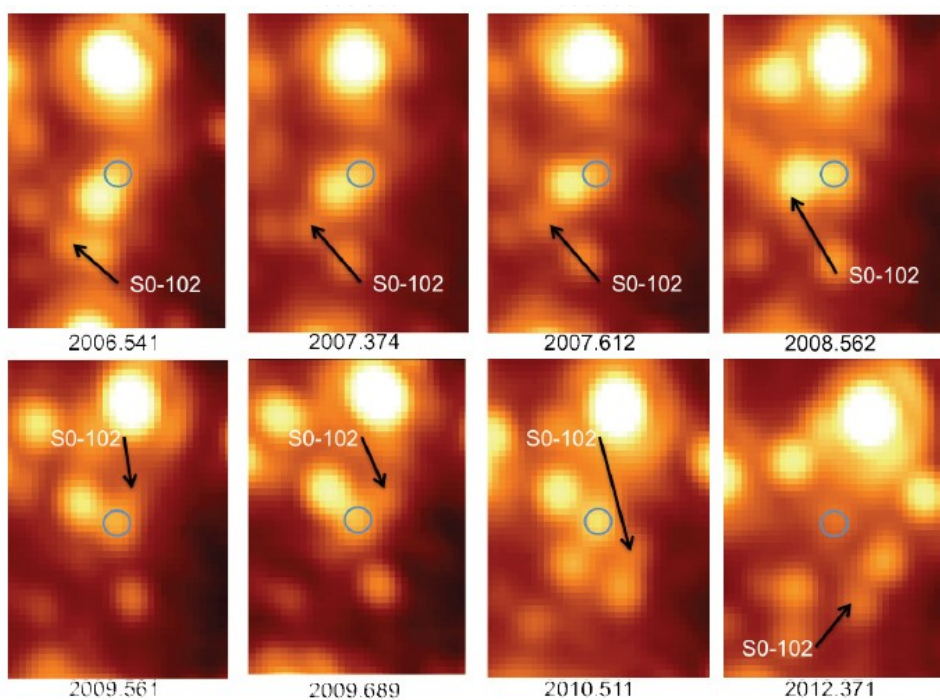
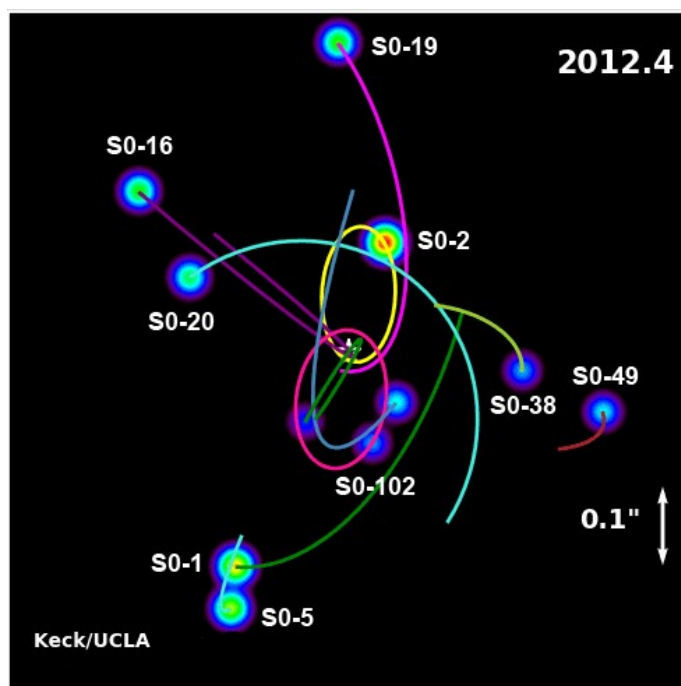
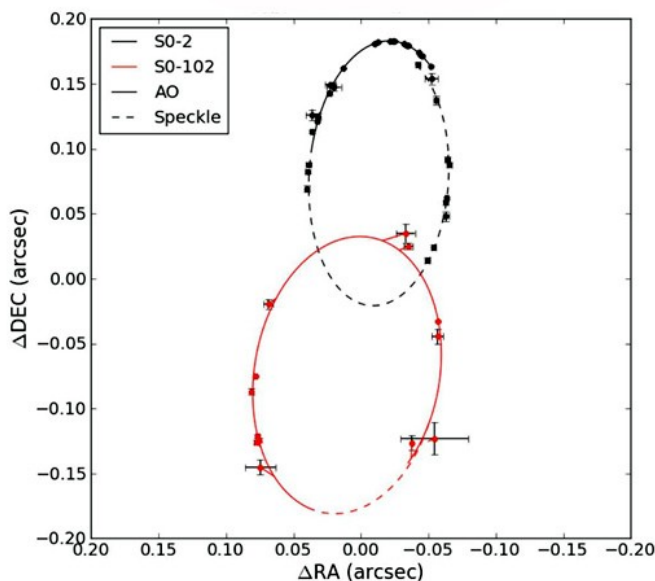



FIG. 5: *I movimenti della stella S0-102 (la più vicina al centro galattico) in una serie di immagini riprese con la camera adattiva NIRC2 applicata al telescopio Keck-2 delle Hawaii.*

Per la più prossima di queste stelle, denominata S02 ed avente una massa di 20 masse solari, assemblando anche misure precedenti fatte all' NTT di La Silla, è stato possibile ricostruirne un intero percorso orbitale: l'orbita è risultata molto ellittica (e=0,87), con periodo di 15,2 anni e con un passaggio al periastro avvenuto in Aprile 2002, quando la stella transitò a sole 17 ore luce da SgrA* (120 u.a.), alla velocità di oltre 5000 km/s (un valore otto volte maggiore che all' apoastro di 7,6 anni prima). Più di recente (Ottobre 2012) un altro team guidato da A.M. Ghez (una astrofisica dell' Università della California), ha pubblicato i parametri completi di una stella di 4,1 masse solari, ancora più vicina al centro galattico e 16 volte più debole di S02. La Chez ha lavorato a 2,12 micron sulla stella S-102 dal 1995 al 2012 al telescopio Keck-2 delle Hawaii. Dal 2004 è stata utilizzata la camera adattiva NIRC2, mentre in precedenza erano state fatte osservazioni di speakle interferometry. La stella S-102 ha mostrato un periodo orbitale di soli 11,5 anni, su un'orbita molto ellittica (e=0,68) che le ha fatto raggiungere la minima distanza da SgrA* nel giugno 2009. I parametri orbitali completi di S2 ed S-102 hanno permesso di calcolare che queste due stelle rivoluzionano attorno ad un oggetto centrale di circa 4 milioni di masse solari, confinato in una sfera di 44 milioni di km di diametro: secondo la Relatività Generale una massa di queste proporzioni, confinata in uno spazio così esiguo, deve costituire un buco nero. La presenza di questo buco nero non è una sorpresa, dal momento che, ormai, sono stati scoperti buchi neri nei nuclei di quasi tutte le galassie. Se confermata, anche la massa del buco nero al centro della nostra galassia (la cui massa globale rasenta i 400 miliardi di masse solari) è abbastanza coerente con una legge empirica generale: quella secondo cui la massa del buco nero centrale è circa 1/1000 della massa della galassia ospite (più di preciso della massa del bulge, il rigonfiamento centrale che vale tra 1/10 ed 1/100 del totale, nel caso di una galassia spirale, dell'intera massa nel caso di una galassia ellittica).

FIG. 6: *Le orbite delle due stelle più vicine al centro galattico (S0-2 e S0-102) ricostruite assieme a quelle di alcune delle stelle circostanti, dal 1995 al 2012.*

FIG. 7: *Le orbite complete delle due stelle So-2 e So-102 dalle quali è stato possibile risalire alla massa dell' invisibile buco nero centrale (SgrA*) attorno a cui ruotano. Le parti tratteggiate si riferiscono a dati ottenuti con speakle interferometry (1995-2002). Le parti a tratto continuo sono invece relative a misure con OA (2002-2012).*

Le orbite, seppur ancora parziali, delle altre stelle sono perfettamente coerenti con questo risultato.

Questo buco nero ruoterebbe in circa 17 minuti (ovvero questo sarebbe il periodo orbitale di un oggetto situato nei pressi del suo orizzonte degli eventi). La dimostrazione è venuta dalla scoperta fortuita da parte della camera NACO di un debole lampo di luce infrarossa (1,65 micron) apparso il 9 Maggio 2003 esattamente nella posizione di SgrA* ed attenuatosi in un paio d'ore dopo parecchie pulsazioni di 17 minuti: è probabile che il buco nero abbia fagocitato del materiale circostante, costringendolo a ruotare attorno al suo orizzonte degli eventi prima di farlo sparire nel baratro spazio-temporale. Lampi minori dotati della stessa periodicità, sia in infrarosso che nei raggi X, erano stati osservati anche in passato e si sono succeduti anche nei mesi successivi.

Pur essendo passate al periastro nell' Aprile 2002 e nel Giugno 2009, le stelle S2 e SO-102 non hanno potuto essere disgregate dalle forze mareali differenziali del buco nero centrale, perché si trattava, comunque di oggetti 'compatti' (di 20 e di 4 masse solari).

Se però si 'avvicinasse' al buco nero un oggetto molto più esteso e rarefatto, le cose potrebbero andare molto diversamente: l'oggetto potrebbe essere prima disgregato (a causa della forte differenza di attrazione gravitazionale tra le parti estreme) e poi fagocitato con forte emissione raggi X e gamma.

Ebbene, secondo una ricerca del gruppo R. Genzel pubblicata all' inizio del 2012 (Nature del 5 Gennaio 2012), un evento di questo tipo dovrebbe verificarsi tra pochissimi mesi. In sostanza osservazioni combinate NACO (banda L a 3,76 micron) + SINFONI al VLT-4 hanno permesso di scoprire una 'calda' (300°C) nube di gas e polvere denominata G2 (ma qualcuno pensa addirittura ad un disco protoplanetario con stella di massa incognita al seguito) di circa 3 masse terrestri ed estesa qualche giorno luce, in moto attorno a SgrA* su

FIG. 8: *La copertina del famoso numero del 5 Gennaio 2012 della rivista NATURE dove un team di scienziati tedeschi dell' MPE (Max Planck Institute fur Extraterrestrische Physik) guidati da R. Genzel (a sinistra) ha pubblicato la scoperta di una nube di materiale (G2) in caduta verso il buco nero al centro della Via Lattea.*

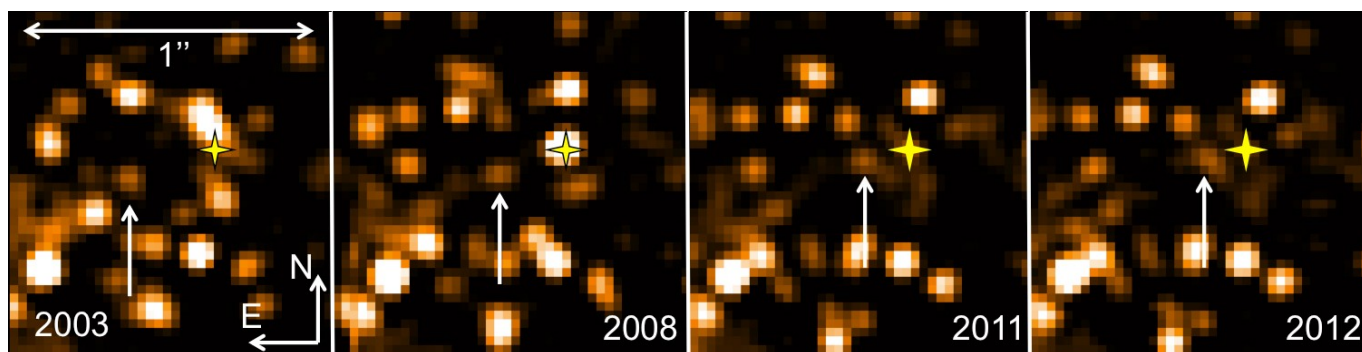



FIG. 9: *Il progressivo avvicinamento al centro galattico della nube G2 (freccia) , in una serie di immagini riprese in banda L (3,8 micron) dallo spettrografo SINFONI applicato al fuoco Cassegrain del telescopio VLT-4 di Cerro Paranal. Da notare, l'aumento di luminosità di SgrA* durante la ripresa del 2008.*

un'orbita ad alta eccentricità (e=0,966) percorsa in un periodo teorico di 137 anni. Le ultime osservazioni (SINFONI, Marzo-Luglio 2012) indicano che la nube raggiungerà il periastro all' inizio di Settembre 2013, passando a 'sole' 200 unità astronomiche da SgrA*. Appena in tempo per le prime osservazioni fondamentali, considerando che il centro galattico è visibile da Paranal da Febbraio all'inizio di Novembre!

Dallo shift Doppler delle principali righe di emissione individuate da SINFONI (riga Brγ dell' idrogeno a 2,166 micron, riga HeI dell' Elio a 2,058 micron) è stato possibile calcolare che, nel 2004 la nube si muoveva a 1200 km/s, velocità che si è raddoppiata nel 2011 ed è destinata ad aumentare di almeno cinque volte nel 2013. Nel contempo le immagini mostrano che la nube è già in fase di stiramento e disgregazione (alla fine del 2012 era cinque volte più lunga che larga), mentre la sua temperatura è in costante aumento: a Settembre 2013, quando sarà al periastro, buona parte della nube verrà catturata da SgrA* (forse alimentando un anello di accrescimento appena fuori dall' orizzonte degli eventi del buco nero): data la sua velocità ormai prossima a 10.000 km/s, la sua temperatura raggiungerà valori di milioni di °C facendogli emettere raggi X e onde radio. Il processo non sarà ovviamente istantaneo ma durerà molti mesi se non qualche anno.

Per la prima volta gli scienziati vedranno 'accendersi' il buco nero al centro della Via Lattea e per di più con a disposizione tutti gli strumenti più evoluti (leggi: sistemi adattivi e/o interferometrici e strumenti satellitari) per studiare in ogni dettaglio l'evento. Uno di questi strumenti si chiama VLTI (interferometria VLT), in grado di mescolare i segnali provenienti da più telescopi di Cerro Paranal con un guadagno enorme nel potere risolutivo (dell' ordine di un telescopio da 200 metri, che è la distanza massima tra due telescopi sulla spianata di Paranal). Attualmente, a Paranal, è possibile fare interferometria con 2 o 3 telescopi (da scegliere tra i 4 VLT da 8,2 metri e i 4 ausiliari AS da 1,8 metri).

Però, con PIONEER (Precision Integrated-Optics Near -infrared Imaging ExpeRiment) un interferometro di seconda generazione, si potranno collegare fino a 4 telescopi contemporaneamente. L'11 Marzo 2012 PIONEER è riuscito per la prima volta a far 'interferire' tutti e 4 i VLT di Paranal. Si spera, in questo modo, che nel 2013 sia possibile risolvere il disco di accrescimento alimentato dalla nube in disgregazione attorno a SgrA*. E se PIONEER non c'è la farà è già pronta la soluzione alternativa (e migliorativa!): si chiama ALMA (Atacama Large Millimeer/submillimeter Array) che, con le sue 66 antenne da 12 metri, sarà completamente operativo nella seconda metà del 2013.

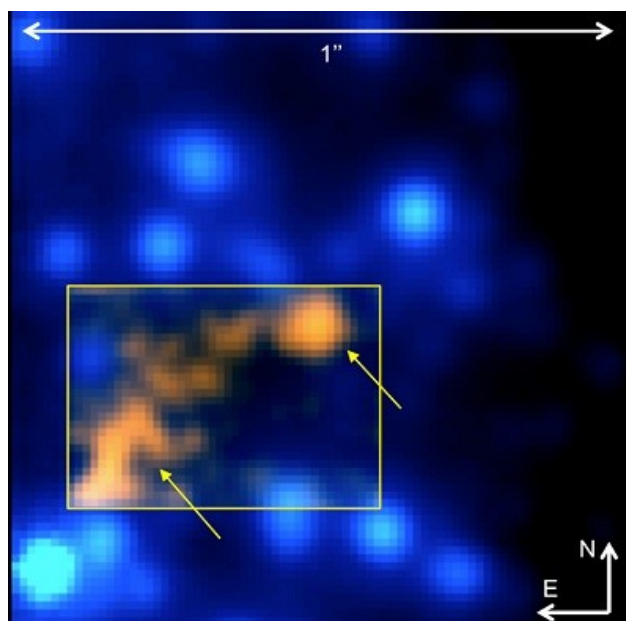



FIG. 10: *Questa straordinaria immagine della nube G2 in disgregazione è stata ottenuta a 2,18 micron all' inizio di Luglio 2012 dallo strumento SINFONI, applicato al fuoco Cassegrain del telescopio VLT-4.*

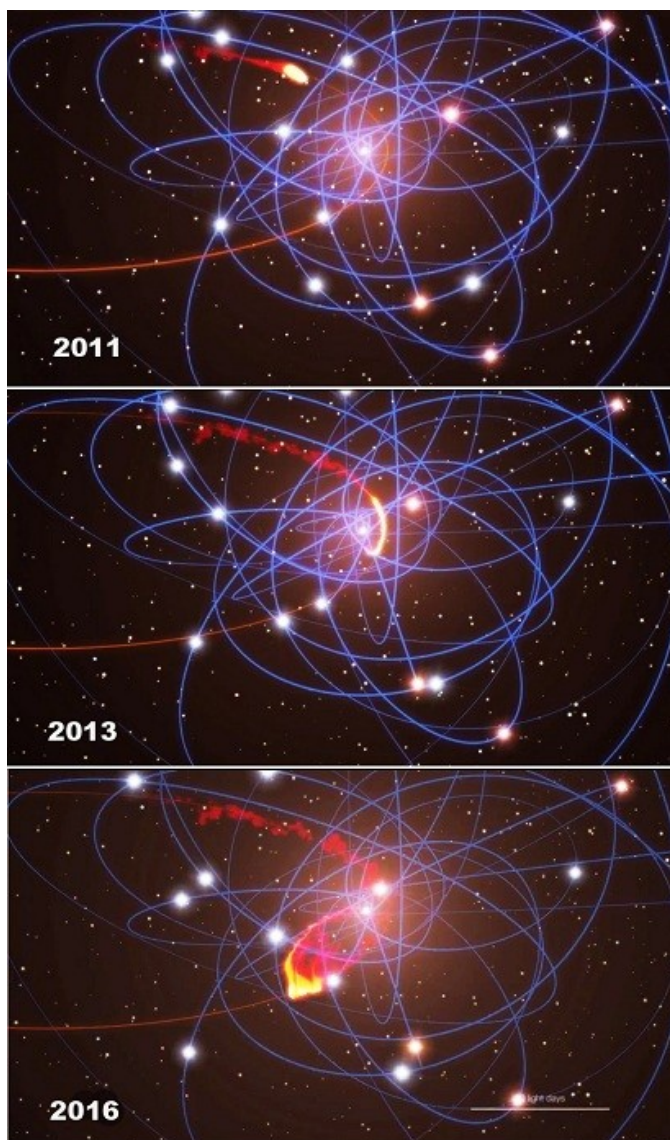
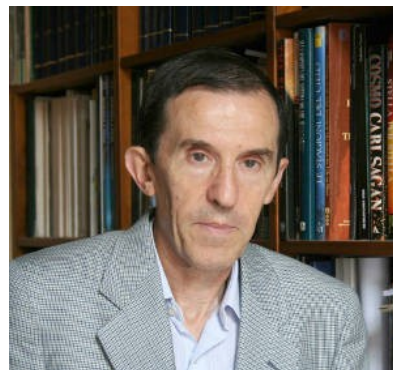
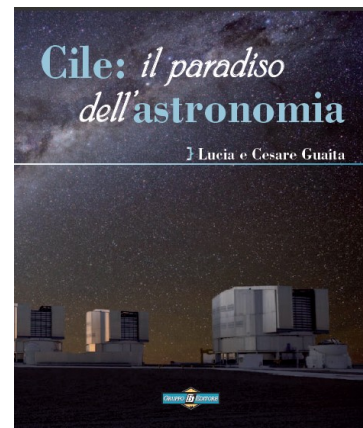
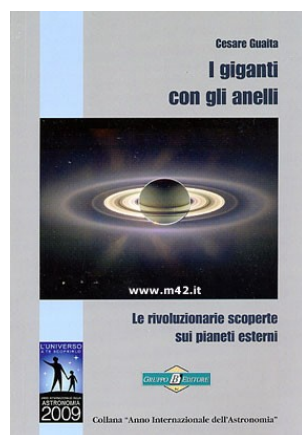



Fig. 11: *Una simulazione degli eventi che caratterizzeranno l'avvicinamento della nube G2 all' orizzonte degli eventi del buco nero al centro della Via Lattea. Assieme all'orbita di G2, sono evidenziate alcune orbite delle stelle più prossime al centro galattico.*

Cesare Guaita è nato e risiede a Tradate (Va). Si è laureato in Chimica nel 1973 e si è specializzato in Chimica organica e Chimica macromolecolare. Per oltre 25 anni ha lavorato come ricercatore presso i laboratori di una grande azienda. E' esperto di Cosmochimica e Planetologia ed ha pubblicato, su riviste divulgative e professionali, centinaia di articoli su questi temi, con particolare riferimento alle connessioni chimico-geologiche di una moltitudine di fenomeni planetari ed astrofisici. Ha pubblicato i seguenti volumi:
'La ricerca della vita nel Sistema Solare', pp512, Sirio Ed.
'I giganti con gli anelli' Gruppo B ed.
'I pianeti e la vita, ultime scoperte' Gruppo B Ed.
'Cile: Paradiso dell' Astronomia', Gruppo B Ed. *(una storia di tutti i massimi osservatori che USA ed ESA hanno realizzato nel deserto di Atacama, visitati direttamente dall'autore e presso i quali la figlia Lucia, astrofisica, ha lungamente lavorato nell'ambito della sua tesi di dottorato).*
Inoltre collabora con giornali, riviste e reti televisive pubbliche e private, con cui ha realizzato decine di programmi astronomici. E' Presidente e fondatore (nel 1974) del G.A.T., Gruppo Astronomico Tradatese, un' Associazione ben nota in campo nazionale per la sua opera di divulgazione ad alto livello in tutti i campi della ricerca astronomica. Partecipa a ricerche di tipo professionale specialmente nel campo delle comete e della Bioastronomia, con risultati spesso presentati a congressi e pubblicati su riviste specialistiche del settore.
E' specializzato nella didattica e divulgazione dell' Astronomia. In questo ambito, da oltre 20 anni è conferenziere del Planetario di Milano. E' membro di molte Società Astronomiche italiane e straniere.

I LIBRI DI CESARE GUAITA

Il Ciclo Solare

Lorenzo Brandi

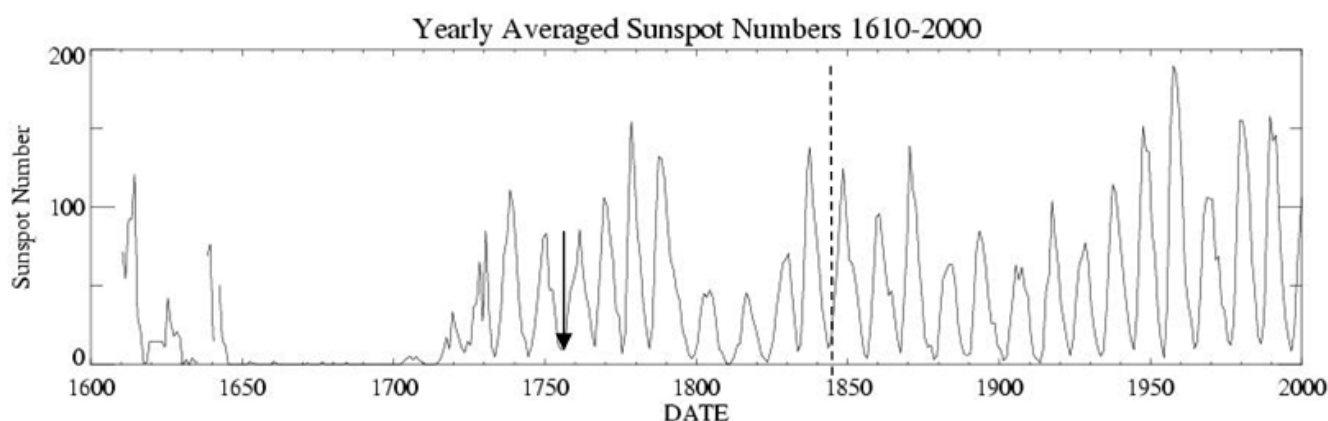



Fig. 1: *Il diagramma riporta il numero di Macchie osservate dopo l'era del cannocchiale, fino al ciclo 23 (incompleto). Il ciclo 1 comincia in corrispondenza della freccia, nel 1755. Il tratteggio cade in corrispondenza della pubblicazione del 1844. dell'Astronomische Nachrichten. Si noti il cosiddetto minimo di Maunder fra fine XVII e inizio XVIII secolo.*

Introduzione

Sono passati svariati decenni dai tempi in cui l'uomo ha avuto prove incontrovertibili della presenza sul Sole di campi magnetici. Oggi i magnetogrammi più sofisticati anche da Terra riescono a monitorare l'evoluzione con poteri risolutivi di qualche decina di chilometri quadrati, mentre i satelliti tengono la nostra stella sotto osservazione costante. Le proprietà misteriose di alcuni minerali, chiamati magneti, capaci di attrarre a sé altri minerali simili o pezzetti di ferro era nota fin dall'antichità e l'ipotesi che anche i pianeti e le stelle avessero doti del genere era balenata nella mente dei più valenti scienziati.

Galileo, oltre ad essere l'abile osservatore che tutti conosciamo, capace di redigere pure un'opera tutta dedicata alle osservazioni solari ("*Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*" del 1613) si dedicava anche agli studi magnetici realizzando ed utilizzando numerose calamite armate, ancora oggi visibili al Museo Galileo (già Istituto e Museo di Storia della Scienza) di Firenze. Nel 1600, Gilbert scrisse un libro, il "*De Magnete*", nel quale mostrava che il campo magnetico nelle vicinanze di una sfera di magnetite era analogo a quello osservato sulla superficie della Terra (alcuni prototipi di bussola erano già stati inventati in Cina e nel Mezzogiorno d'Italia nel I secolo d.C.). Di conseguenza, sosteneva Gilbert, la Terra doveva possedere un proprio campo magnetico. L'idea che gli altri pianeti ed il Sole avessero un loro campo aveva già preso piede. Keplero addirittura, forse attratto dall'opera di Gilbert, pensò che la forza di attrazione esercitata dal Sole sui pianeti fosse di natura magnetica. Il movimento ellittico lo spiegava mediante un complesso sistema di orientamenti variabili. A dire il vero l'idea non era poi troppo fuori dal seminato. Infatti la forza di attrazione gravitazionale e la legge di attrazione fra poli magnetici di segno discorde hanno la stessa forma. Le uniche differenze sono che la massa ha solo carattere attrattivo e non presenta due polarità.

Ad ogni modo se già le prima bussole avevano fatto la loro comparsa intorno al I secolo d.C. niente si sapeva a riguardo dello spazio esterno. Le prove di campi magnetici nell'Universo vennero solo nel XIX secolo.

Il primo corpo celeste indiziato di avere un campo magnetico proprio fu naturalmente il Sole.

Osservandolo in eclisse, sia ad occhio nudo, sia (meglio) con binocoli e telescopi e fotografandolo con i primi dagherrotipi, ci si era accorti che in prossimità dei poli presentava dei corti filamenti ricurvi che ricordavano le linee di forza del campo magnetico.

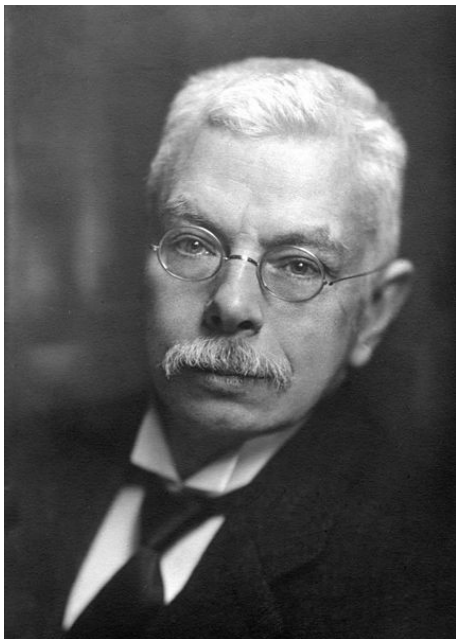



FIG. 2: *Pieter Zeeman, premio Nobel per la fisica 1902*

Oltre tutto presentavano una forte analogia col campo magnetico terrestre vista la loro presenza massiccia in prossimità dei poli. I raggi risultavano più evidenti nelle fotografie eseguite durante il massimo di attività, quando il chiarore coronale era distribuito principalmente all'equatore.

Furono Arthur Schüster, nel 1892, e Frank Bigelov, nel 1896, i primi a sostenere l'idea di un campo magnetico solare. Nello stesso anno Pieter Zeeman (1865-1943) aveva scoperto che le righe di emissione di spettri di laboratorio venivano sdoppiate in presenza di un campo magnetico. Norman Lockyer (1836-1920), studiando certe righe di assorbimento di alcune macchie solari, notò delle distorsioni. Nel 1908 George Ellery Hale (1868-1938) attribuì l'effetto al campo magnetico. A differenza dell'effetto Zeeman classico, le distorsioni presentavano carattere inverso, cioè venivano osservate in assorbimento e non in emissione, ma l'affinità risultava evidente. La congettura infatti si rivelò corretta ed oggi l'associazione fra campi magnetici e macchie rappresenta una scoperta fondamentale nello studio della fisica solare. Le distorsioni erano provocate dall'agitazione termica che attenuava ed allargava le righe dello spettro. In ogni caso bisogna ammettere che, anche se fu il campo magnetico della Terra ad indirizzare gli studi dei fisici verso il Sole, fra il campo magnetico terrestre e quello solare non ci sono poi parallelismi tanto sostenuti. Innanzi tutto le osservazioni mostrano che il Sole non possiede un campo magnetico globale, ma che si instaura solo in alcune regioni prossime alla superficie. Le due polarità del campo non si presentano agli antipodi ma sono solitamente ravvicinate tra loro, il che fa supporre che, oltre alle accertate proprietà di posizione mutevole, in realtà l'instaurarsi di un campo magnetico in una determinata regione fotosferica pare originarsi sì dall'interno ma a scarsa profondità. Per quel che sappiamo oggi sembra che al contrario il campo terrestre sia originato da moti vorticosi di ferro fuso nel nucleo. Inoltre, gli studi geologici mostrano che il campo magnetico terrestre ha invertito più e più volte la polarità ma la permanenza di una determinata proprietà dura migliaia se non milioni di anni. Il Sole invece inverte le polarità con un periodo di 11 anni.

L'osservazione sistematica del Sole consente di poter esaminare ogni giorno, quasi uniformemente distribuite su tutto il disco, centinaia di nuove regioni magnetiche con un diametro inferiore ad un centesimo di diametro solare che poi si estendono verticalmente sia a livello cromosferico, sia coronale. Solitamente regrediscono nel giro di un giorno ed allora si parla di *regioni attive effimere*. Ogni tanto però, soprattutto se a bassa latitudine solare, le regioni effimere possono mutarsi in estese *regioni attive* sede di vistose, complesse e durature manifestazioni di attività fotosferiche, cromosferiche, coronali ed addirittura interplanetarie. La durata è quantificabile nell'ordine di alcuni mesi. Solitamente l'instaurarsi di una regione attiva viene genericamente definita come tempesta magnetica durante la quale si

FIG. 3: *George Ellery Hale, nel 1926, allo spettroeliografo del Solar Laboratory di Pasadena che porta il suo nome.*

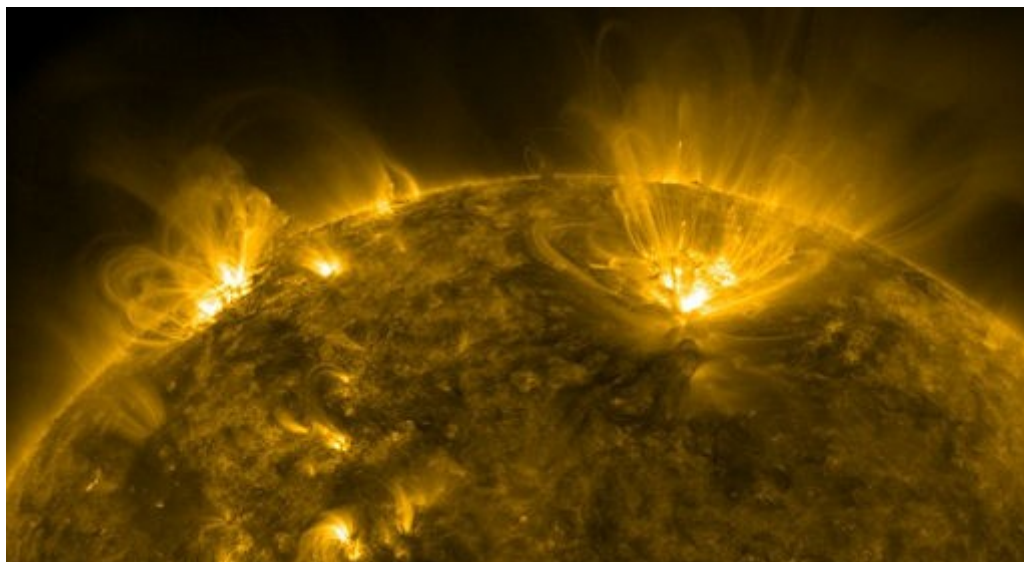



FIG. 4: *Spettacolari regioni attive sul Sole.*

assiste ai più disparati fenomeni sul Sole, mentre a distanza di pochi giorni gli effetti si manifestano sulla Terra (e anche sugli altri pianeti) con la comparsa di aurore polari, con disturbi nelle comunicazioni radio, etc.

La comparsa delle piccole regioni magnetiche può essere descritta come affioramento di cappi o archi appartenenti a linee di forza subfotosferiche dalla regione interna del Sole nell'atmosfera. Anche se non è ancora definitivamente dimostrato che alcune regioni effimere (mediamente l'1%) degenerino in regioni attive questo sembra il meccanismo più credibile.

Queste manifestazioni dimostrano che il magnetismo solare, pur provenendo dalle regioni dell'interno, deve avere origine in prossimità della superficie e non interessare tutto il globo. Se interessasse l'intera massa solare, le leggi di fisica del plasma imporrebbero una durata dell'ordine di alcuni miliardi di anni. Sarebbe completamente preclusa la possibilità di veder decadere ed addirittura invertire la polarità di determinate regioni nell'arco di alcuni mesi e comunque di avere un ciclo magnetico medio che si inverte ogni 11 anni circa.

L'attività solare, che si manifesta in regioni attive, con macchie, protuberanze, facole, brillamenti, ha un andamento ciclico che, come detto, ha una periodicità di 11 anni. La scoperta fu pubblicata sull'*Astronomische Nachrichten* nel 1844. Analizzando i dati relativi all'attività quotidiana tra il 1826 ed il 1843, ci si accorse che il numero di *macchie* (il fenomeno più appariscente dell'attività solare) presenti sull'emisfero osservabile del Sole presentava andamenti periodici. Ben presto ci si accorse che anche le altre manifestazioni avevano un andamento ciclico. Inizialmente si valutò la durata in 10 anni, poi si corresse il valore in quello attuale di 11,04, anche se bisogna riconoscere che si tratta della media degli ultimi 20 cicli, perché essi non hanno una durata rigorosamente fissa.

Le registrazioni attendibili e sistematiche giornaliere si hanno solo a partire dal 1818. Per dati anteriori, fino al 1749 disponiamo solo di medie mensili. Per la prima metà del '700 solo di medie annuali e per prima ancora, fino all'invenzione del telescopio, solo delle sporadiche segnalazioni della presenza di elementi scuri. In realtà testimonianze di un "Sole piangente" o di "gocce nere" sul disco luminoso si hanno nelle cronache orientali fino dall'epoca di Cristo, ma si tratta sempre di indicazioni vaghe, che ci rassicurano soltanto sul fatto che le

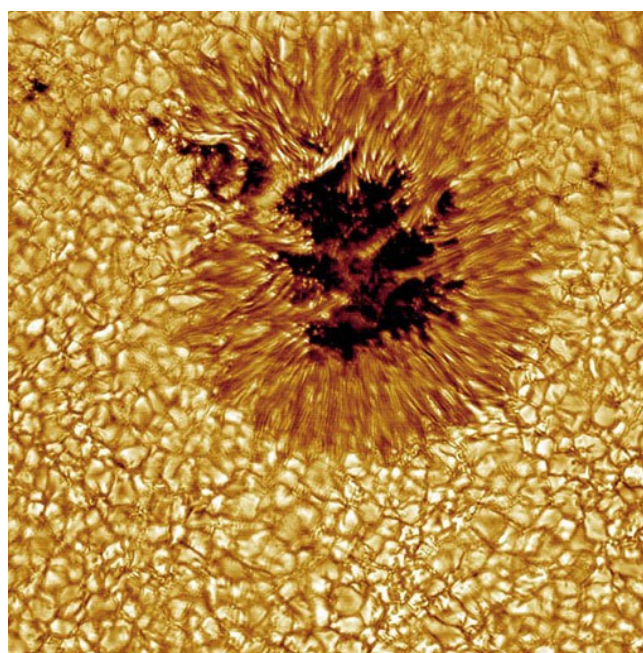



FIG. 5: *Magnifica immagine di macchia solare. Sono evidenti la zona interna (ombra), la zona periferica (penombra). E' evidente anche la granulazione nella fotosfera.*

ISTORIA
E DIMOSTRAZIONI
INTORNO ALLE MACCHIE SOLARI
E LORO ACCIDENTI
COMPRESE IN TRE LETTERE SCRITTE
ALL'ILLVSTRISSIMO SIGNOR
MARCO VELSERI LINCEO
DVVMVIRO D'AVGVSTA
CONSIGLIERO DI SVA MAESTA CESAREA
DAL SIGNOR
GALILEO GALILEI LINCEO
Nobil Fiorentino, Filosofo, e Matematico Primario del Sereniss.
D. COSIMO II. GRAN DVCA DI TOSCANA.
Si aggiungono nel fine le Lettere, e Disquisizioni del finto Apelle.

IN ROMA, Appresso Giacomo Mascardi. MDCXIII.
CON LICENZA DE' SVPERIORI.

FIG. 6: *A sinistra, il frontespizio della "*Istoria e dimostrazioni intorno alle macchie solari e loro accidenti*" (1613), opera fondamentale di Galileo nella quale sono descritte le macchie solari, da lui considerate materia fluida appartenente alla superficie stessa del Sole e ruotante intorno ad esso proprio a causa della rotazione solare. Nell'immagine a destra, alcuni gruppi di macchie osservate da Galileo e riportate nell'*Istoria.

macchie solari abbiano avuto sempre luogo, almeno da duemila anni a questa parte. Si parla di macchie come sinonimo di attività solare perché da sempre l'indice ha preso in considerazione esclusivamente queste ultime, anche se sappiamo non essere il solo effetto dell'attività. Certamente possiamo stilare rendiconti delle facole o delle protuberanze, che però non sono di pari evidenza, per non parlare poi di ulteriori fenomeni che sono visibili solo con strumenti opportuni. Le prime osservazioni di macchie sono da imputarsi a Galileo ed al gesuita Christoph Scheiner (1573-1650) i quali, indipendentemente, osservarono il Sole con i loro cannocchiali. Il rendiconto galileiano fu l'*Istoria e dimostrazione intorno alle macchie solari e loro accidenti*, citato in precedenza mentre padre Scheiner pubblicherà la *Rosa Ursina* nel 1630.

Superato lo sbigottimento iniziale, visto che screditava l'asserzione aristotelica dell'immacolatezza dei corpi celesti, si cercarono svariate spiegazioni. Una che godette di un certo credito concepiva le macchie come degli affossamenti sulla superficie solare. Solo alcuni decenni dopo ci si rese conto che quelle regioni apparivano nere sì ma solo in contrasto con le più brillanti regioni circostanti (poste in cielo separate dal Sole anche le macchie brillerebbero quasi come il Sole) e che la minore luminosità era da attribuirsi alla minore temperatura.

Se la temperatura media del Sole imperturbato si aggira, in fotosfera dove hanno luogo le macchie, intorno ai 6000 K, la temperatura in macchia scende a circa 4500K. L'importanza attribuita dagli astronomi alle fredde regioni fotosferiche appare chiaro se si considera l'immediato successo che ha avuto l'introduzione nel 1848, da parte di Rudolf Wolf (1816-1893), del suo famo-

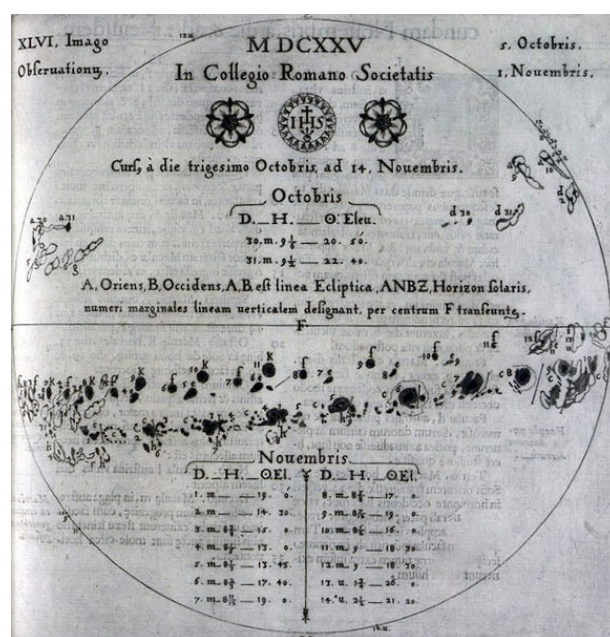



FIG. 7: *Disegni delle macchie solari osservate dal gesuita Christoph Scheiner nei mesi di ottobre e novembre 1625 (dall'opera* Rosa Ursina*, Bracciano, 1630).*

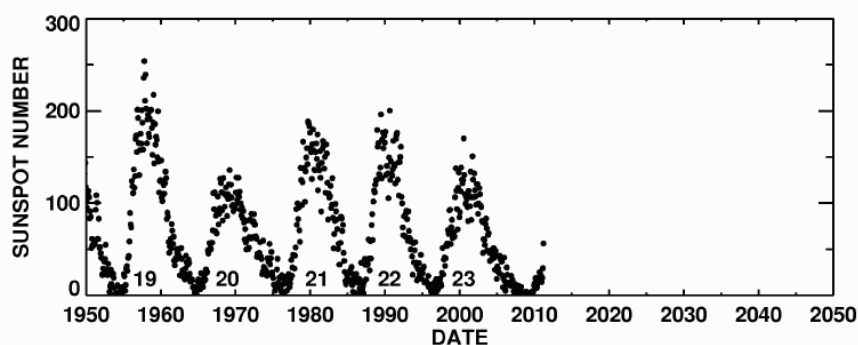
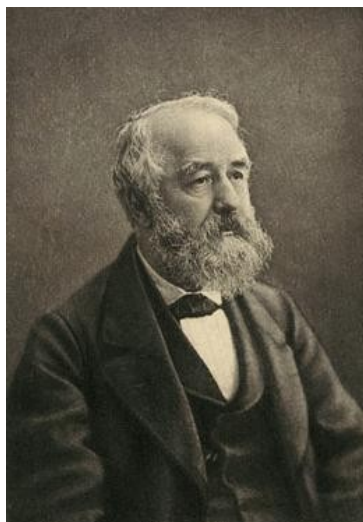



FIG. 8: *A sinistra, ritratto dell'astronomo svizzero Rudolf Wolf , a destra, i* ***numeri di Wolf,*** *http://it.wikipedia.org/wiki/Numero_di_Wolf, relativi al periodo: 1950-2010.*

so *numero*. Si deve a lui ed alla sua paziente ricerca d'archivio negli osservatori di Berna e Zurigo (dove fu direttore) se sono disponibili le registrazioni giornaliere dal 1818.

Tornando alla questione della periodicità del campo magnetico solare la durata del ciclo si calcola come l'intervallo impiegato per passare dalla prima fase di un minimo alla prima fase del minimo successivo. Come abbiamo detto, la durata di un ciclo, pari a 11,04 anni, è una media. Per la verità gli scostamenti sono di regola limitati, anche se agli estremi opposti abbiamo 8 e 15 anni. Siccome, oltre al periodo, varia anche l'intensità massima, si è scoperto che esiste una debole correlazione fra i due fenomeni. Solitamente i massimi più attivi hanno luogo in cicli più corti. La salita dal minimo al massimo e la discesa seguente non sono simmetriche, la salita dura un tempo variabile fra 3 e 9 anni (più breve per i massimi più alti) ed un tempo di norma più lungo per decrescere fino al minimo successivo. Dalle registrazioni in nostro possesso possiamo affermare che l'attività solare si è mostrata estremamente varia. Le registrazioni dei minimi hanno numeri di Wolf che variano tra loro di un fattore 100, i massimi di un fattore 4.

Oltre alla durata i massimi sembrano dettare regole anche sui minimi corrispondenti. Sembra che a massimi più elevati corrispondano minimi più bassi.

Per convenzione i cicli solari sono numerati con un cardinale (1, 2, 3, e così via) a partire dal primo ciclo completo che si sia osservato: quello del 1755. Quindi il ciclo iniziato nel 2008 è il 24. La figura riporta gli andamenti dei cicli di cui si abbia una testimonianza documentabile, cioè dal XVIII secolo. Si noti che il ciclo 1 è in pratica il sesto osservato col cannocchiale.

La fisica del ciclo solare

Le varie manifestazioni sono provocate dall'affioramento di cappi magnetici toroidali subfotosferici. Tali campi magnetici devono essere presenti solo nelle regioni superficiali. Se difatti esistesse un campo magnetico capace di permeare tutto il Sole non potrebbe decadere, nei casi più duraturi, nel giro di pochi mesi, come mostrano le osservazioni.

I modelli magnetoidrodinamici di un Sole pervaso dal magnetismo mostrano che dovrebbero rimanere stazionari per alcuni miliardi di anni, palesemente in contrasto con le osservazioni. Le osservazioni eseguite con i magnetografi mostrano che in corrispondenza delle regioni polari esistono dei campi magnetici le cui linee di forza sono disposte parallele ai meridiani.

Si parla di campi magnetici poloidali. In corrispondenza del massimo del ciclo questi campi decadono e poi invertono la polarità. Secondo l'ipotesi più convincente il campo magnetico (originariamente longitudinale) viene distorto ed intensificato per effetto della rotazione differenziale. Ad un certo punto lo stiramento fa sì che i campi assumano la configurazione di campo toroidale. Dopo qualche anno, quando l'intensità del campo magnetico toroidale raggiunge un valore critico (non ci dimentichiamo che anche dopo la formazione sul Sole continua a sussistere una rotazione differenziale che non può che innalzare il valore d'intensità) i campi possono emergere. Il meccanismo che porta all'affioramento è noto dalla metà del '900: per effetto della pressione magnetica che si manifesta in un plasma permeato dal magnetismo i tubi di plasma tendono a galleggiare rispetto ad altri tubi di plasma dove il campo magnetico è praticamente assente, anche a parità di temperatura.

Il fatto che il ciclo principale abbia periodicità undecennale lo si deve al tempo necessario all'intensificazione dei campi poloidali. Il processo di diffusione della Regione Attiva, favorito da correnti superficiali, determina in corrispondenza della fase di massimo del ciclo la neutralizzazione dei campi polari e quindi la loro inversione. Il processo si ripete tale e quale a quello precedente eccetto il fatto che questa volta i segni dei poli magnetici sono invertiti.

Dopo altri undici anni circa il gioco si ripresenta tale e quale. Quindi, a ben vedere, più che di ciclo undecennale si dovrebbe parlare di ciclo ventiduennale, ma dal momento che tutte le osservazioni, ad eccezione delle registrazioni sui magnetogrammi, sono analoghe, in barba alla polarità invertita, si preferisce parlare di cicli di undici anni.

La migrazione in latitudine

Osservando con continuità le Regioni Attive solari, in particolare le Macchie, ci si accorge che le prime manifestazioni ad apparire dopo raggiunto il minimo di ogni ciclo hanno alta latitudine solare. Ricordiamo di passaggio che le Regione Attive Effimere costellano uniformemente l'intera superficie mentre quelle destinate a svilupparsi non superano i 40 gradi di latitudine solare. E le prime Macchie, dopo il minimo di ciascun ciclo, ricominciano a comparire proprio intorno a questi valori di latitudine. Ma a mano a mano che il ciclo avanza e l'attività si incrementa, il grosso delle Macchie si origina a minore latitudine solare, sia pure con una certa dispersione. Si parla di migrazione in latitudine delle Regioni Attive.

Il fenomeno è simmetrico nei due emisferi. Se si riportano in grafico le latitudini dove sono affiorate tutte le regioni attive in funzione del tempo, si ha un inizio assai esile, con pochi punti a notevole distanza dall'asse di simmetria (l'equatore), mentre in corrispondenza del massimo l'aspetto diventa piuttosto diffuso, data la maggiore attività, ma maggiormente concentrato nella regione centrale, cosicché l'aspetto richiama nell'aspetto, poeticamente, due ali, tanto che i fisici solari hanno coniato il pittoresco nome di diagramma a farfalla (vedi figura). Nella parte superiore compare il vero e proprio diagramma a farfalla mentre nella parte sottostante sono riportate le percentuali di superficie solare coperte dalle Macchie. Ogni volta che un ciclo termina l'attività solare si riduce ai minimi termini cosicché le ali del ciclo successivo sono ben separate da quelle del precedente.

Le spiegazioni mediante l'affioramento dei campi toroidali, originati dal campo magnetico poloidale intensificato dalla rotazione differenziale, è in grado di spiegare anche la migrazione in latitudine. Infatti il valore critico dei campi, necessario per l'affioramento, verrebbe raggiunto prima dalle regioni ad alta latitudine.

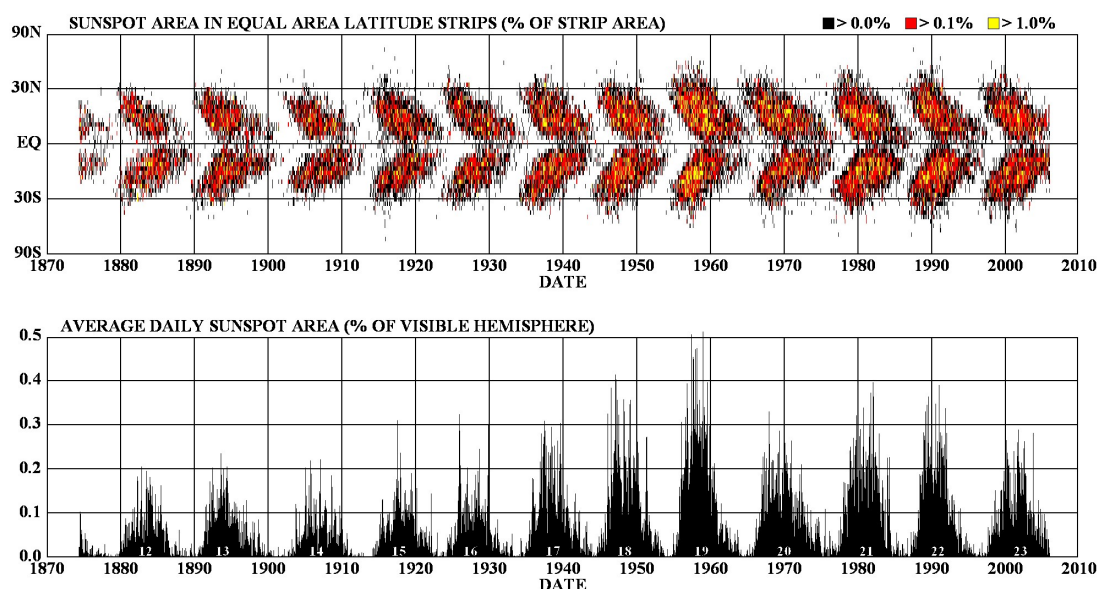



FIG. 9: *Diagramma "a farfalla": le macchie all'inizio di ogni ciclo (si osservi facendo la comparazione col diagramma sottostante) sono caratterizzate da una considerevole latitudine solare (in entrambi i poli). A man a mano che il ciclo procede verso il massimo.*

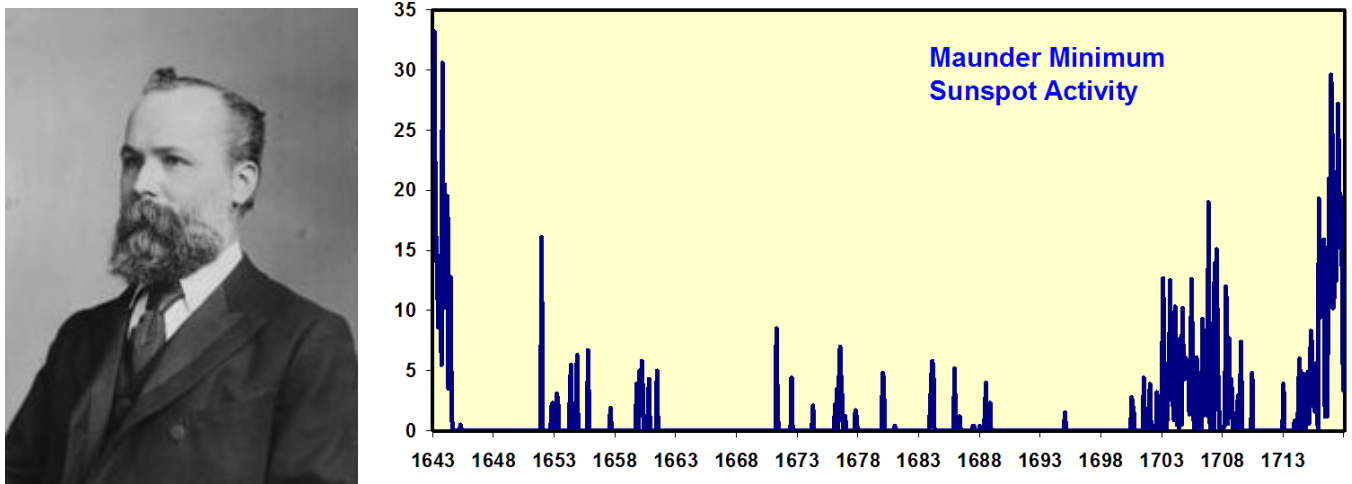



FIG. 10: *A sinistra, ritratto dell'astronomo inglese Edward Walter Maunder, a destra, distribuzione delle macchie solari durante il Minimo di Maunder (1645-1715 circa), si veda anche la voce: http://it.wikipedia.org/wiki/Minimo_di_Maunder .*

Nonostante gli studi sul magnetismo solare abbiano raggiunto una certa maturità sono ancora molti i dettagli da sistemare: non si conoscono nel particolare le caratteristiche dei campi poloidali, non si conosce il meccanismo che alimenta la rotazione differenziale, visto che si mantiene pressoché inalterata nonostante ceda la sua energia ai campi magnetici, non è chiara l'influenza dei campi di velocità sulla diffusione delle Regioni Attive.

Non c'è dunque da stupirsi se ancora oggi sono molti gli astronomi che cercano di interpretare le manifestazioni solari battendo altre strade.

Durata del ciclo

Ricordiamo ancora che le manifestazioni superficiali solari seguono un andamento ciclico con un periodo che, in media, dura circa 11 anni, con una dispersione in genere piuttosto limitata, salvo casi da primato.

La mole di informazioni raccolte che sfiora i tre secoli ci ha permesso di stabilire che il ciclo di 11 anni non è il solo. Osservando con i magnetografi la polarità delle Regioni Attive si è potuto appurare che tutte le parti precedenti hanno la stessa polarità, opposta a quella delle parti seguenti. Passato un ciclo il fenomeno si ripresenta ma a polarità invertita. Se ad esempio in un ciclo la polarità prevalente nella parte precedente era quella nord, nel ciclo successivo diventa quella sud. Ciò significa che a fronte di un ciclo di attività di 11 anni, quello magnetico si ripresenta tale e quale solo dopo due cicli, manifestandosi come ciclo ventiduennale. Alcuni indizi, per la verità disattesi da questi ultimi cicli solari, sembravano dar credito all'ipotesi che sussistesse pure un ciclo secolare, della durata di 80 anni.

Nonostante a quel tempo le osservazioni non fossero sistematiche, non esiste alcuna possibilità di errore a riguardo del fatto che tra il 1645 ed il 1715 il Sole subì una fase di minimo continuato, della durata di 70 anni. Le conseguenze sul clima terrestre furono drammatiche. La Groenlandia finì definitivamente di essere la terra verde, gli Eschimesi che non cercarono rifugio più a sud morirono per il freddo e la penuria alimentare, in Europa i ghiacciai raggiunsero la massima estensione tagliando fuori numerosi villaggi alpini. Si assistette ad un'autentica rivoluzione del clima. Alla fine dell'Ottocento Friederich Wilhelm Gustav Spörer (1822-1895) ed Edward Walter Maunder (1851-1928) richiamarono l'attenzione sul lungo periodo privo di macchie. Da allora la lacuna a cavallo fra XVII e XVIII secolo ha preso il nome di **minimo di Maunder**.

Anche se il Sole si mostrava quasi sistematicamente privo di macchie, è ragionevole ipotizzare che in realtà una certa attività abbia continuato ad agire, né più né meno di quanto avviene nei momenti di minimo, solo la risoluzione dei telescopi dell'epoca non consentivano di vedere alcunché. Al momento non sappiamo se si sia trattato di un fatto episodico o se il minimo di Maunder è imputabile ad una ciclicità di lunga durata. Il telescopio era stato inventato da neanche quaranta anni quando ebbe inizio il minimo e d'altra parte, anche le testimonianze oculari, a parte l'inaffidabilità, riportate nei cataloghi dell'Estremo Oriente, ci farebbero regredire solo di qualche secolo. Per cercare dunque una testimo-

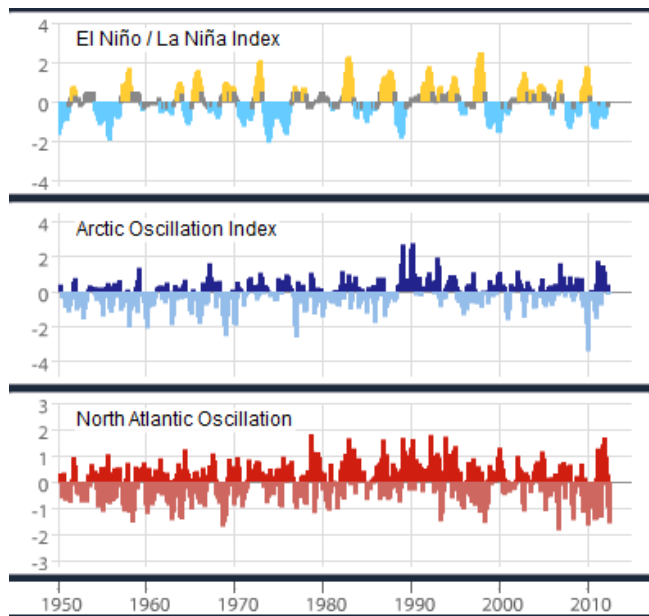



FIG. 11: *Oscillazioni termiche nelle principali correnti marine. Mentre le oscillazioni artiche denotano un incremento delle temperature, la corrente di El Nino e del Nord Atlantico sono in diminuzione.*

nianza, sia pure indiretta, di altri eventuali passaggi a vuoto del Sole, nel lontano passato, si studiano gli anelli di accrescimento degli alberi fossili e si fanno studi sulle carote di ghiaccio dell'Antartide o dei ghiacciai.

Il lavoro consiste nel quantificare i livelli di ^{14}C, tenendo conto della perdita dovuta all'età del reperto. Infatti se il Sole era inattivo anche il suo campo magnetico doveva essere modesto. La conseguenza immediata è che esso non sia riuscito a proteggere efficacemente la Terra dai raggi cosmici che ionizzano l'ambiente, innalzando i livelli di carbonio radioattivo.

A questo proposito non esiste una risposta ancora definitiva, anche se sembra abbastanza probabile l'esistenza di un ciclo di lunga durata, il cui periodo però risulta ancora abbastanza misterioso. I decenni scorsi, furono caratterizzati da massimi solari molto più intensi dei precedenti. Non è un caso che la temperatura del Sistema Solare fino a pochi anni or sono fosse in aumento. Sulla Terra l'effetto poteva essere mascherato dall'attività antropica, che con l'immissione di gas serra nell'ambiente concorre nello stesso senso, ma non era certo colpa dell'uomo se si stavano riducendo le calotte polari di Marte, se si riscaldava l'atmosfera di Giove e pure il lontanissimo Tritone, satellite di Nettuno.

Intensità dell'ultimo ciclo e conseguenze

A partire dall'ultimo ciclo, sembra che le cose stiano andando un po' diversamente da come ci si aspettava. L'ultimo massimo solare nel 2002, fu un po' in tono minore, come mostra la figura a pagina 40 Assai più limitato dei picchi registrati negli anni Sessanta ed anche un tantino più modesto rispetto al precedente ciclo.

Niente di eclatante, si trattava pur sempre di un'attività entro le medie statistiche e comunque superiore nei valori a quanto osservato ad inizio del XX secolo. Tuttavia, dopo la fase del minimo nominale nel 2008, si dovette aspettare più del previsto perché si instaurassero le prime regioni attive di polarità opposta. Non solo: dopo aver finalmente osservato le prime regioni di polarità opposta il Sole ha continuato a restare piuttosto pigro. Le schede fornite quotidianamente dall'Università di Catania, a bassa risoluzione, mostravano quasi sempre un Sole praticamente immacolato. Subito i media, anche quelli specialistici, hanno gridato allo scandalo (o al miracolo), evocando il **minimo di Maunder**, poiché sembrava che fosse in atto un'inversione di tendenza che mitigava l'effetto antropico, anzi, che era addirittura sufficiente per ottenere una riduzione delle temperature medie del pianeta. In realtà dati del genere non si sono affatto registrati, una volta messe in conto fluttuazioni statistiche che devono invece essere considerate. Simili dati devono essere vagliati con maggior attenzione ed al momento è difficile dire se e quanto, veramente, la temperatura della Terra stia scendendo.

Ancora più difficile poi, è riuscire a quantificare quanto ciò sia imputabile al Sole e quanto ad altri effetti, naturali ed artificiali. Ad ogni modo, senza entrare nel dettaglio di reali o presunti effetti sulla Terra analizziamo con qualche dettaglio in più i dati che abbiamo finora in merito al ciclo 24.

Cominciamo col dire che se il primo segnale di polarità attuale si è visto nella primavera del 2008, era lecito aspettarsi il massimo fra il 2011 ed il 2013, o al limite (poco probabile) il 2014. Dai dati in nostro possesso finora, sembra evidente che il massimo sia passato nel 2012 e che ormai la fase sia in definitivo declino. Tuttavia tale massimo non ha rappresentato nulla di che.

Come si vede dalla fig. 12 (a sinistra), i valori di macchie medie si attesta intorno a 67 conteggi, ben al di sotto dei valori superiori a 100 che avevano caratterizzato i massimi dei cicli precedenti. Sono state disattese anche le previsioni già piuttosto pessimistiche. Infatti la riga rossa del diagramma viene progressivamente cancellata e rimpiazzata dai dati che di volta in volta si registrano. E' evidente un salto considerevole, quantifica-

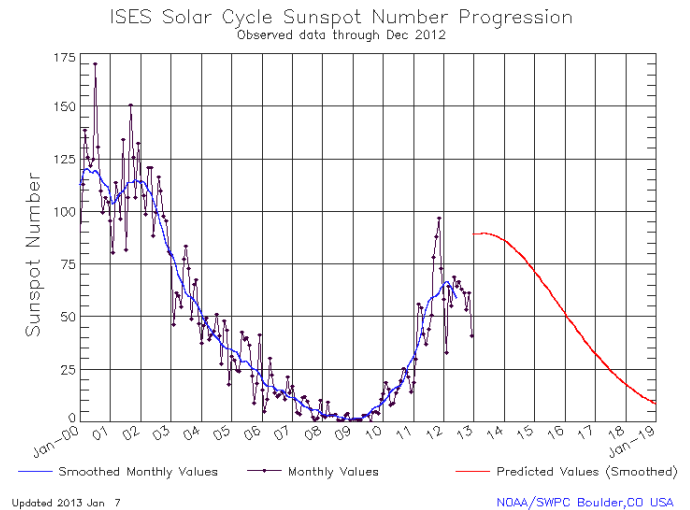
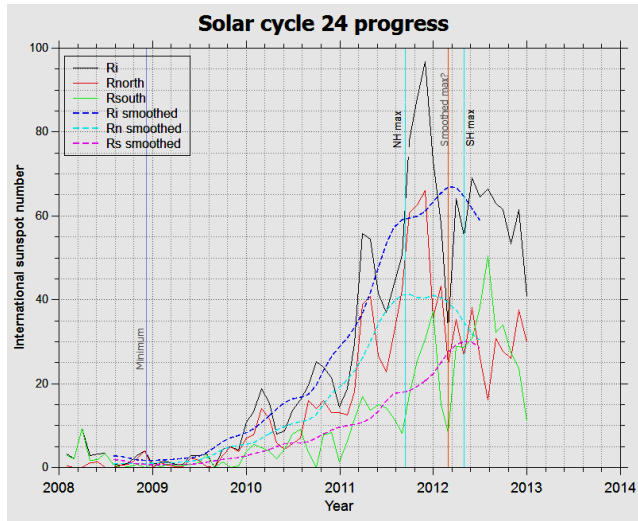



FIG. 12: *I due diagrammi mostrano l'attività solare, a partire dal minimo del 2008. Il diagramma a destra mostra (in rosso) anche una previsione per il futuro, proiettata fino agli inizi del 2019.*

bile in 25-30 macchie in meno del previsto. Alla luce di questi dati sono stati rielaborati nuovi *plot* (fig. 13).
Il grafico di fig. 12 correlato con quello di fig. 13 mette in evidenza due cose. In primo luogo il fatto che secondo le previsioni del NOAA (il National Oceanic and Atmospheric Administration degli Stati Uniti) effettuate nell'aprile 2009 il massimo del ciclo 24 si sarebbe dovuto attestare intorno a 90 macchie, mentre a dicembre 2012 le stime sono state riviste al ribasso. La seconda cosa che, come si evince dal grafico di fig. 12, sembra apparire una scollatura evidente fra i dati medi ad oggi (riga blu) e le previsioni (in rosso).
Questo perché, sempre secondo il NOAA il massimo, in realtà, deve ancora arrivare essendo previsto per il 2013. Il grafico di fig. 14 mostra la situazione ad oggi. In effetti siamo intorno al massimo ed una ripresa dell'attività potrebbe anche aver luogo, anche se sembra piuttosto difficile. Abbiamo dunque superato già il massimo e non ce ne siamo accorti?
Oppure il Sole d'improvviso con un colpo di reni ci darà il tanto sospirato massimo nel 2013?
Da questi dati non è possibile estrapolarlo. Ad oggi è difficile dire che cosa succederà nei prossimi 365 giorni. Ancor più incerto diventa allora fare congetture sui prossimi anni.
Tuttavia alcuni astronomi si sono spinti oltre, ipotizzando l'andamento di regressione di questo ciclo e addirittura l'intensità del ciclo 25, e queste previsioni lasciano intendere che l'attività sarà ancora più modesta di quella attuale!

FIG. 13: *Nuovo* plot *rielaborato per il ciclo 24.*

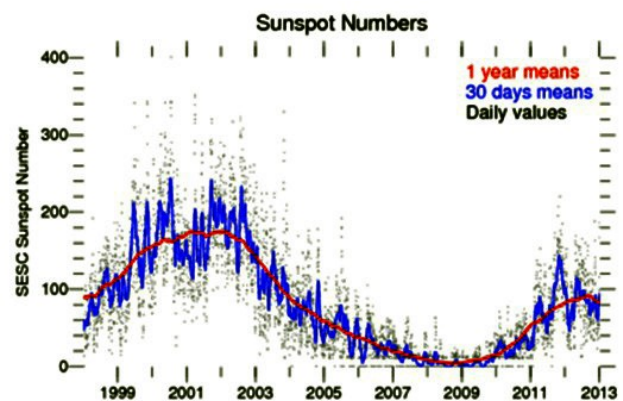
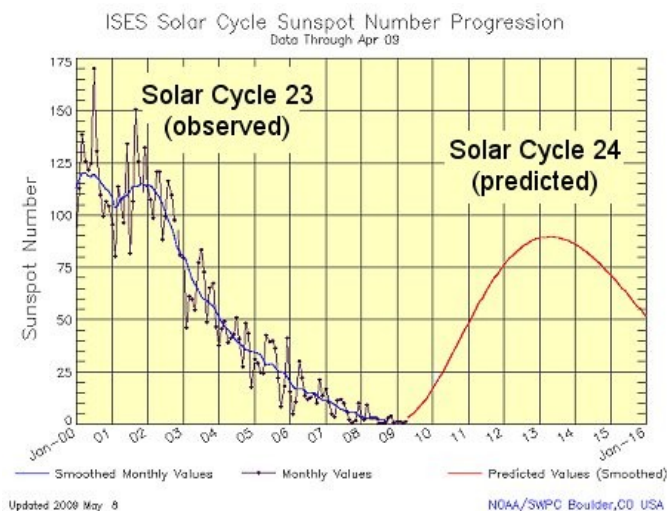



FIG. 14: *Grafico che mostra i dati relativi al numero di macchie solari disponibile fino ad oggi. In nero i valori giornalieri, in blu le medie mensili, in rosso la media annua.*

Coloro i quali hanno fatto queste stime (fig. 15) quali garanzie ci danno che, con i dati attuali, si possa asserire che davvero l'andamento futuro sarà quello di massimi solari sempre meno marcati? A mio avviso nessuno. Fare congetture sul ciclo 25 è sicuramente prematuro. Quello che possiamo vedere è un deciso declino che, dapprima lentamente ed oggi più vistosamente, ha portato il Sole, dagli anni '60 in poi, ad essere sempre meno irrequieto durante i massimi. Per poter solamente arguire l'andamento del ciclo 25 sarà necessario sapere chiaramente quale sarà stato il massimo di questo ciclo 24.

L'unico dato che ci sentiamo di sostenere riguarda il fatto che fra il meccanismo che alimenta la dinamo solare con ciclo undecennale e intensità non sembra esserci una forte correlazione. Abbiamo accennato sopra al fatto che gli 11 anni potrebbero essere legati al tempo necessario affinché la rotazione differenziale distorca a sufficienza i campi subfotosferici fino a farli affiorare. L'intensità dei campi sottostanti dipenderà da qualche legge di magnetoidrodinamica o di fisica del plasma che non si può ricondurre ad un semplice gioco di moti differenziali. Può darsi, anzi è assai probabile, che anche questi abbiano una loro ciclicità, ma in quanto a durata, periodicità, consistenza nulla possiamo dire a tutt'oggi.

Conclusioni

In conclusione, non ci possiamo sbizzarrire in nessuna elucubrazione se vogliamo mantenere un certo rigore scientifico. Il minimo di Maunder durò 70 anni e, se il *trend* osservato a partire dalla fase finale del ciclo 23 sarà confermato nell'attuale ciclo 24 e poi anche nel 25, nel 26, nel 27, nel 28 e nel 29, avremmo dato un forte indizio per la presenza di una ciclicità secolare di circa 363 anni (pari a 33 cicli). Ma anche se così fosse bisognerebbe essere cauti nell'esprimere simili giudizi per-

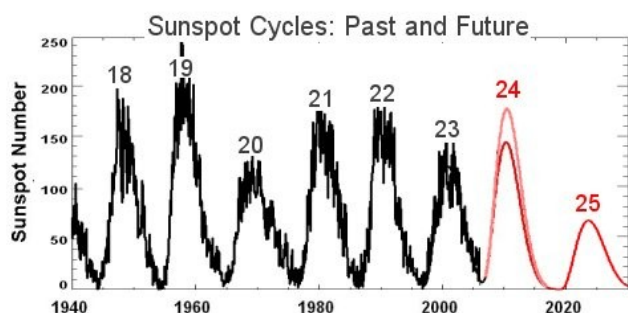



FIG. 15: *Previsione per il ciclo 25; si noti la doppia riga per quanto riguarda il ciclo 24 viste le stime iniziali e le stime riviste successivamente.*

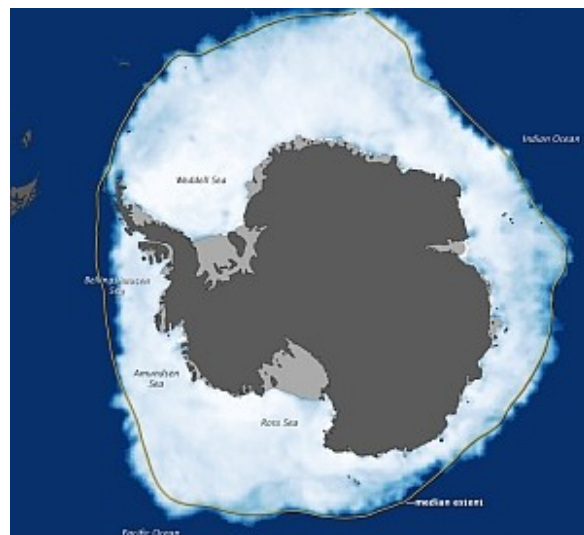



FIG. 16: *NEL 2012 il ghiaccio marino intorno all'Antartide è arrivato a coprire parte dell'Oceano Meridionale, un'estensione mai prima raggiunta da quando esistono le rilevazioni satellitari. Fonte: Jesse Allen, EO/NASA/ NSIDC .*

ché niente possiamo dire su un'eventuale minimo che avrebbe dovuto concludersi intorno al 1350, ben prima dell'invenzione del telescopio. A sfavore della tesi sta il fatto che il XIV secolo non fu particolarmente freddo ma, come abbiamo detto, non è sempre detto che sussista una correlazione uno a uno fra minimi solari e raffreddamenti della Terra. Se tali fenomeni persistono, come fu appunto alla fine del XVII secolo, allora gli effetti si cumulano e diventa più forte l'eventualità di poterli desumere anche dal clima. Se il fenomeno è episodico il clima neanche se ne accorge. Che dire a proposito di allora? Ben poco. Poco probabile che abbia avuto luogo una fase, prolungata, di massimi silenti, ma non impossibile.

Se dovessimo essere davvero agli inizi di un nuovo minimo che, come quello di Maunder persistesse 70 anni, di qui al 2070 circa, sono convinto che avremo tempo di rivedere i pescherecci del XXI secolo modificare le rotte per trovare le regioni più pescose, rivedremo le mulattiere alpine coprirsi di ghiacci, torneranno ad aumentare i volumi dei nostri ghiacciai e le calotte polari aumenteranno la loro estensione (secondo alcuni studi, l'estensione della calotta antartica nel 2012 avrebbe segnato un record in fatto di dimensioni, vedi fig. 16). L'opulenta nostra società probabilmente chiederà maggiori risorse energetiche per scaldare il già molto strapazzato pianeta azzurro. In un momento come questo di relativa crisi delle risorse petrolifere un settantennio di Sole "quieto" probabilmente potrebbe delineare nuo-

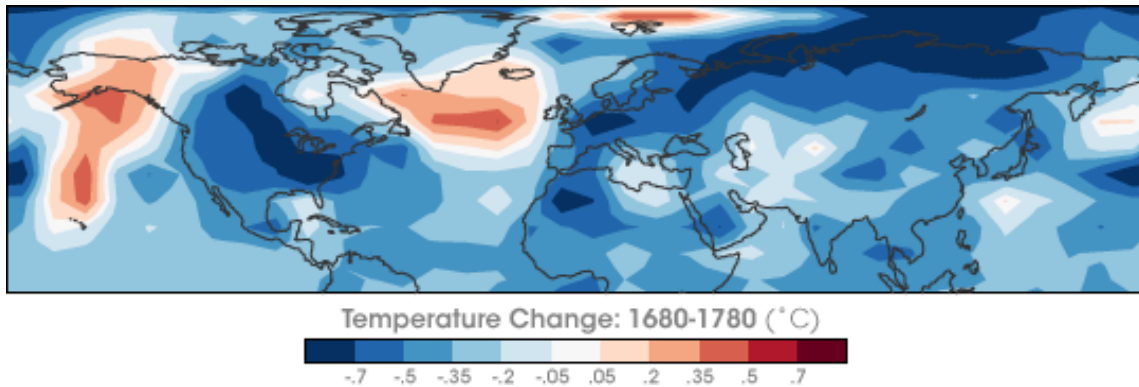



FIG. 17: L'impatto del minimo solare sul clima è sintetizzato in questa immagine, che mostra la differenza di temperatura tra il 1680, un anno al centro del minimo di Maunder, e il 1780, che fu invece un anno di normale attività solare. Il colore Blu scuro, che interessa tutta la parte orientale e centrale del Nord America e la parte Nord dell'Europa e dell'Asia, mostra i luoghi dove il calo della temperatura fu più elevato. Nel 1680 buona parte del globo fu assai più freddo rispetto ad un secolo dopo. Le poche regioni che sembrano essere state più calde nel 1680 furono l'Alaska e l'Oceano Pacifico orientale (a sinistra), l'Oceano Atlantico settentrionale a sud della Groenlandia (a sinistra del centro), e nord d'Islanda (in alto al centro). Fonte: http://earthobservatory.nasa.gov/IOTD/view.php?id=7122

vi assetti economico-politici, a meno di non porre noi stessi di fronte al ben più ragionevole problema dell'ottimizzazione delle risorse.

Dal canto loro, i fisici solari avrebbero un indizio buono, ma nulla più di un indizio, che il Sole abbia, oltre al già ben noto ciclo undecennale, anche un altro ciclo a più lungo corso, della durata di circa 3 secoli e mezzo. Di qui a sostenere che questa possa essere una prova ce ne corre!

Allora si tratterà solo di provare a mettere una costante in più fra i parametri delle innumerevoli equazioni di magnetoidrodinamica che ancora avvolgono nel mistero i dettagli dell'attività solare.

FIG. 18: *Il Tamigi ghiacciato durante il minimo di Maunder, in una stampa dell'epoca.*

Il video di commento all'articolo è sul nostro canale YOUTUBE: http://youtu.be/ovxoPVGXlPA

Lorenzo Brandi si è laureato in Astronomia all'Università di Bologna, presso la stessa Università, nel 2006 ha conseguito un Master di II livello: 'Matematica per le applicazioni'. Ha acquisito una certificazione per attività didattiche e divulgative delle scienze che gli ha permesso di collaborare per alcuni anni con l'Istituto e Museo di Storia della Scienza di Firenze. Dal 2003 è Tutor (referente scientifico) a villa Demidoff presso il Laboratorio di Didattica Ambientale. Ha tenuto lezioni del Planetario di Firenze, presso la Fondazione Scienza e Tecnica. Le effemeridi astronomiche da lui prodotte sono state fornite alle edizioni Chiaravalle e a Frate Indovino per la realizzazione dei loro almanacchi e calendari e dal 2007 collabora con la rivista 'le Stelle' e con 'la Stampa' di Torino per l'inserto 'Tutto Scienze & Tecnologia' per la pubblicazione di articoli di carattere astronomico. E' docente precario di matematica e fisica nella scuola secondaria superiore.

RICERCA5, l'innovazione in Astronomia!

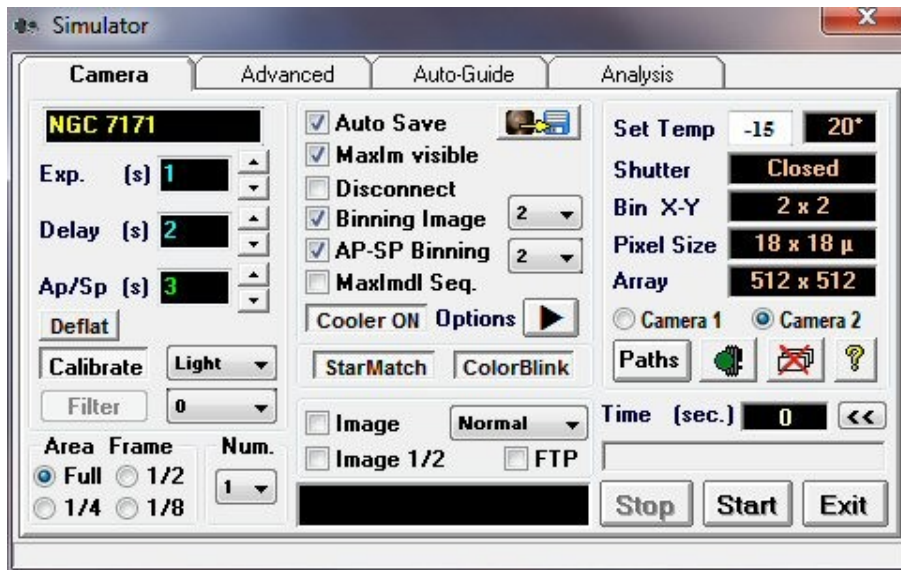
News from OMEGA LAB: coming soon a new version of the programs, known and appreciated far beyond national borders, for the control of astronomical observatories

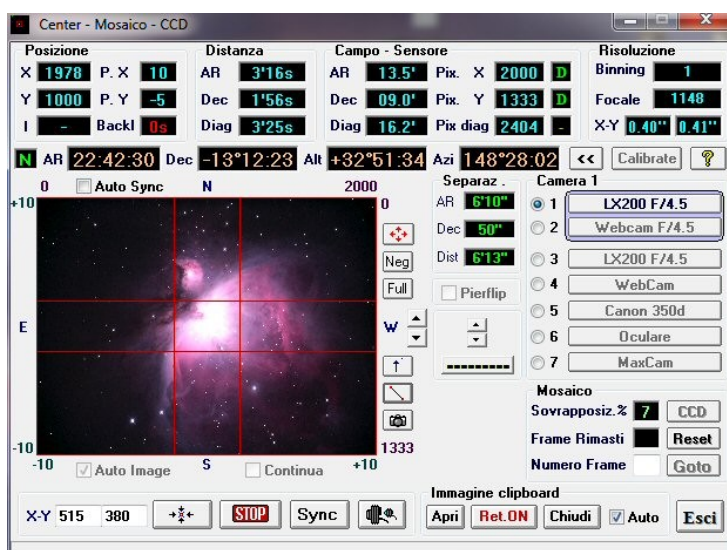
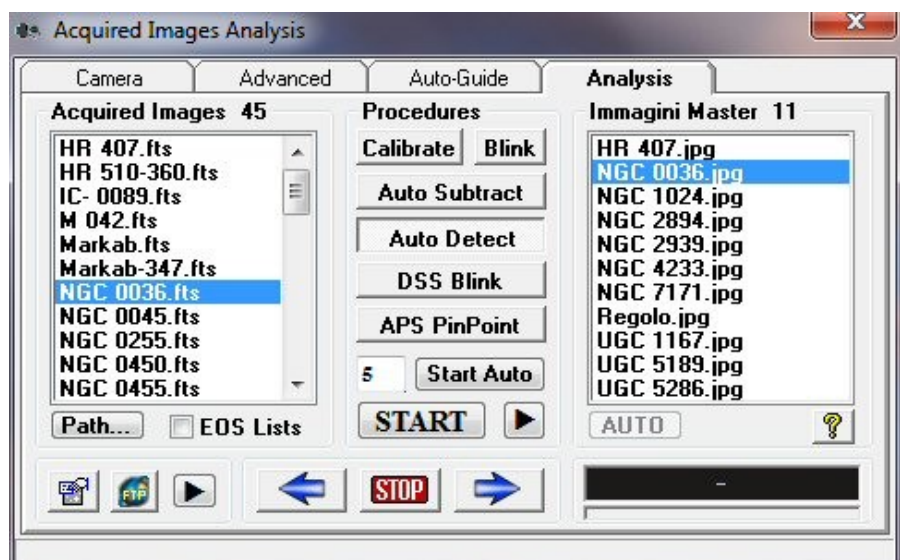
After months of development and functional testing is going to be released Ricerca version 5.
The new package is extensively revised and improved from the version that has preceded.
New livery of the panels and, most importantly, modules with innovative features and of great interest to researchers and astroimagers.
Full compatibility with Microsoft Windows operating systems including Windows 8 current release.
Ricerca5 outlines new ways of observation and acquisition through an advanced automated management of two CCD cameras and its focusing devices.
A program even more "intelligent" also capable to decide the best setup, one of the two possible ones, to use as a function of instrumental and features samples of the object shot.
New centralized management of images for a more effective analysis of the light frame and calibration. Targeted optimization to achieve better management of the orbital elements of comets and asteroids.
Redesigned E.O.S. module for editing of lists of objects, control and calibration of the position of best focus for each filter coupled to the CCD hardware pair.
These are just some of the countless implementations that will make Ricerca5 an indispensable tool to better use instruments and accessories of increasingly complexity and sophistication.
A Made in Italy that, certainly, you will be appreciated by the worldwide environment of practical astronomy elite.
Astronomia Nova will test for their readers the whole package of modules.

Novità dall'OMEGA LAB: in arrivo una nuova versione dei programmi, conosciuti e apprezzati ben oltre i confini nazionali, per il controllo degli osservatori astronomici

Dopo mesi di sviluppo e di test funzionali sta per essere rilasciata la versione 5 di **Ricerca**.
Il nuovo pacchetto è ampiamente rivisitato e potenziato rispetto alla versione che l'ha preceduto.
Nuova livrea dei pannelli e, soprattutto, moduli con caratteristiche innovative e di estremo interesse per ricercatori ed astroimager.
Compatibilità piena con ambienti e sistemi operativi Microsoft Windows compresa la corrente release Windows 8. Ricerca5 delinea nuove modalità di osservazione e acquisizione automatizzata attraverso un'avanzata gestione di due camere CCD e relativi dispositivi di messa a fuoco.
Un programma ancora più "intelligente" capace, addirittura, di decidere il setup migliore, fra i due possibili, da usare in funzione della campionatura strumentale e delle caratteristiche dell'oggetto ripreso.
Nuova gestione centralizzata delle immagini per una più efficace analisi dei frame di luce e di calibrazione.
Ottimizzazione mirata ad ottenere una migliore gestione degli elementi orbitali di comete e asteroidi.
Ridisegnato il modulo E.O.S. per l'editazione di liste di oggetti, controllo e calibrazione della posizione di miglior fuoco per ogni filtro accoppiato alla coppia di hardware CCD.
Queste sono solo alcune fra le innumerevoli implementazioni che renderanno Ricerca5 un tool indispensabile per sfruttare al meglio strumenti e accessori sempre più complessi e sofisticati.
Un *Made in Italy* che, certamente, si farà apprezzare in tutto il mondo nell'ambiente dell'astronomia pratica d'elite.
Astronomia Nova non mancherà di testare per i propri lettori l'intero pacchetto di moduli.

http://www.omegalab-atc.com

RICERCA5, l'innovazione in Astronomia!

Nuovo pannello di controllo camere CCD.
La nuova versione può controllare due camere CCD e due focheggiatori elettrici in modalità automatica e indipendente.

Nuovo pannello per le analisi e il trattamento delle immagini acquisite.
E' possibile eseguire la calibrazione per il Dark, Flat e il Bias, in automatico.
E' possibile il controllo delle immagini per la ricerca di supernovae, asteroidi in modo automatico.

Nuovo pannello per le operazioni di Auto-Centro e mosaico con la gestione di due camere CCD.
La scelta della camera può avvenire in modo totalmente automatico, tenendo conto delle caratteristiche di ogni camera e del campo inquadrato dal telescopio.

Visita il sito: www.omegalab-atc.com

L'OSSERVAZIONE VISUALE DELLE COMETE

Michele Martellini

Quando ci si appresta ad osservare una cometa, sia essa spettacolare e brillante come la Hyakutake nel 1996 o la Hale-Bopp nel 1997, oppure debole e mal percepibile anche con un binocolo o al telescopio, la prima regola da seguire è di consentire agli occhi di abituarsi all'oscurità. E, se è vero che in una trentina di minuti si ha già un notevole adattamento al buio, solo dopo almeno un'ora e mezza sarà possibile percepire i più tenui dettagli. La visione notturna (detta anche visione scotopica acromatica) è possibile grazie ai 120 milioni di bastoncelli disposti principalmente sulla zona periferica della retina. In queste condizioni di bassa illuminazione la curva di sensibilità dell'occhio si sposta verso lunghezze d'onda minori (noto come effetto Purkinje, fig. 1), ed alcuni bastoncelli diventano così sensibili che bastano pochissimi fotoni per stimolarne uno. In queste condizioni, l'occhio si avvicina al caso ideale di un ricevitore che sia capace di rispondere a un singolo fotone. La visione diurna (o fotopica) è invece cromatica, grazie ai tre diversi tipi di recettori, i coni, che sono enormemente meno sensibili alla luce dei bastoncelli.

Occorre poi considerare la qualità del cielo: un'elevata trasparenza di esso, e minimi livelli di luminosità diffusa, sono garanzia di buone osservazioni (fig. 2). Sotto un cielo illuminato dalle luci della città o dalle foschie

Fig. 2: *splendida immagine della cometa McNaught ripresa il 23 gennaio 2007 dall'astrofilo australiano Gary Ayton sotto un cielo molto scuro.*

di pianura, la visione di una cometa sarà difficoltosa e comunque non dettagliata fin nei minimi particolari (fig. 3). Ricordo ancora una serata d'osservazione della cometa Hyakutake, alla metà di marzo del 1996, che si svolse, prima, da un sito di pianura nei pressi di Viareggio (LU) e, poche ore dopo, da una località di montagna a 1.100 metri di quota: sembravano due comete totalmente diverse!

In generale, per trovare un cielo con buona trasparenza occorre salire di quota. In montagna le polveri e gli aerosol in sospensione nell'atmosfera diminuiscono drasticamente, ed è pure minore l'umidità stagnante. La luminosità diffusa del cielo, determinata dall'irradiazione verso l'alto delle luci artificiali (l'abominevole inquinamento luminoso!), tipica dei siti osservativi ubicati nei pressi dei centri abitati, rende estremamente difficoltoso il rilevamento dei deboli dettagli cometari e pressoché

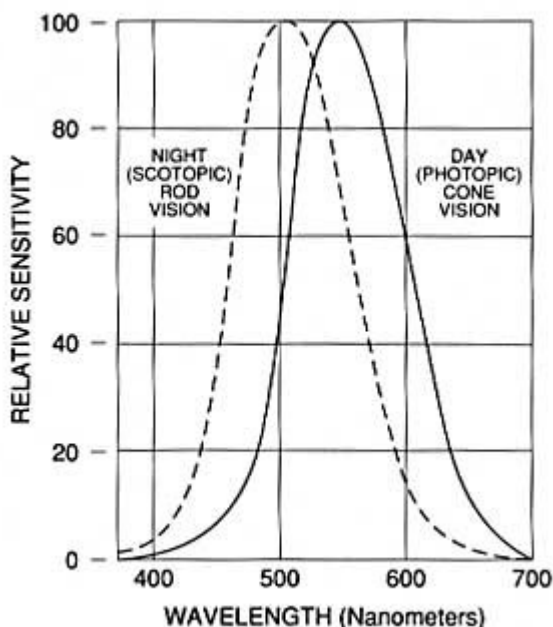



FIG. 1: *I bastoncelli hanno una sensibilità maggiore dei coni rispetto a tutte le lunghezze d'onda della luce. La sensibilità spettrale della visione diurna (fotopica) è massima intorno ai 550 nm, mentre quella notturna (scotopica) lo è a lunghezze d'onda di 500 nm. Questo spostamento nella massima sensibilità ha una conseguenza percettiva importante, scoperta dal fisiologo boemo Purkinje: in condizioni di elevata illuminazione, le lunghezze d'onda intorno a 550 nm appaiono più brillanti rispetto a quelle intorno a 500 nm, mentre il contrario avviene nella visione notturna.*

FIG. 3: *Questa bellissima foto della cometa Lovejoy, un po' sbiadita ma ancora suggestiva, è stata scattata sullo sfondo, inquinatissimo dal punto di vista luminoso, di Santiago del Cile da Yuri Beletsky il 22 dicembre 2011 alle 05:00 del mattino. Crediti: Y. Beletski / ESO.*

impossibile la stima accurata dell'intera lunghezza della coda. Importante anche l'assenza della Luna.

Attenzione, ciò non significa rinunciare ad osservare comete quando il nostro satellite, in una fase più o meno avanzata, è sopra l'orizzonte.

Occorre però essere consapevoli che non possiamo chiedere il massimo da quella sessione osservativa.

Vi sono poi dei piccoli "trucchi" per cogliere anche i dettagli più sfuggenti delle comete. Uno è costituito dalla cosiddetta visione indiretta, ossia, puntare lo sguardo in una direzione che faccia un angolo di circa 20° con quella in cui si trova il soggetto da osservare. Ciò farà cadere la luce dell'oggetto su di una zona della retina nella quale i bastoncelli raggiungono la massima concentrazione per unità di superficie (fig. 4).

Gli strumenti per l'osservazione visuale delle comete

In genere, per l'osservazione visuale delle comete può essere utilizzato qualsiasi tipo di strumento. Infatti, contrariamente a quanto avviene nella fotografia digitale, per l'osservazione visuale degli oggetti diffusi come le comete, ciò che conta è solo l'apertura dell'obiettivo e l'ingrandimento utilizzato.

Per osservare i dettagli cometari più deboli è indispensabile utilizzare un basso ingrandimento. Molti osservatori considerano i binocoli gli strumenti ideali per l'osservazione delle comete, grazie alla comodità della visione binoculare e per la loro maneggevolezza. Nella tabella I forniamo l'ingrandimento ottimale di oggetti in funzione del diverso diametro dello strumento (binocolo o telescopio).

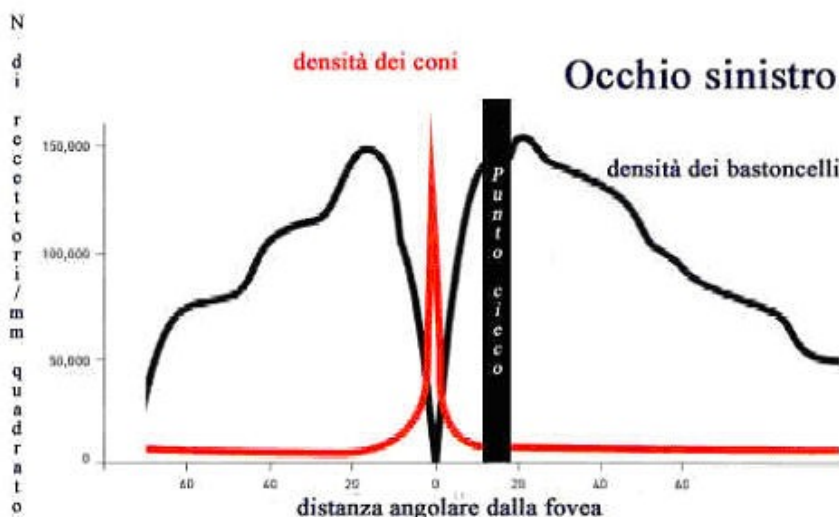



FIG. 4: *distribuzione dei coni e dei bastoncelli sulla retina per millimetro quadrato. Come si vede dal grafico, riferito all'occhio sinistro, la maggiore concentrazione dei bastoncelli, pari a circa 150000 per mm quadrato, si trova intorno ai 20° di angolo foveale.*

TABELLA I

Diametro obbiettivo (cm)	Intervallo ottimale degli ingrandimenti
6	*10 ÷15*
10	*17 ÷ 25*
15	*25 ÷ 40*
20	*35 ÷ 50*
30	*50 ÷ 78*
40	*65 ÷ 100*

La tabella II fornisce invece un'indicazione approssimata della magnitudine limite cometaria osservabile in condizioni di cielo ottimali, con strumenti di diverso diametro e con l'occhio adattato all'oscurità, ossia in piena visione scotopica.

La fotometria visuale delle comete

La fotometria visuale di una cometa può riguardare tre aspetti del fenomeno: il falso nucleo (la parte più interna e di aspetto stellare: spesso si parla di "nucleo" ma, in realtà, questo - il corpo ghiacciato che costituisce il cuore della cometa - non è visibile), la testa e la coda di polveri e di ioni (fig. 5). Il falso nucleo molto spesso si confonde nella condensazione centrale, rendendosi visibile assai di rado. La fotometria della coda è particolarmente difficile e spesso poco accurata. La fotometria della chioma di una cometa e la registrazione dei valori di luminosità in funzione del tempo è un interessante esercizio di osservazione e raccolta dati anche se, è bene dirlo, non ha più un valore di interesse scientifico. E' una pratica che si dimostra utile per poter fare confronti con osservazioni cometarie del passato.

TABELLA II

Diametro obbiettivo (cm)	Magnitudine limite cometa
Occhio nudo adattato	*~5*
5	*9.3*
10	*10.8*
15	*11.7*
20	*12.3*
30	*13.2*
40	*14.0*

Fig. 5: *Le diverse strutture di una cometa.*

Per la fotometria visuale non occorre usare filtri, sebbene questi possano far risaltare la visione di questi astri. Osservazioni "filtrate" e osservazioni non "filtrate" porterebbero a risultati non comparabili con altri osservatori, non esistendo alcuna relazione fra le magnitudini stimate con o senza filtro.

Per compiere la stima visuale della magnitudine della chioma di una cometa esistono diversi metodi:

a) Metodo di **Bobrovnikoff (*)**: l'osservatore seleziona diverse stelle di confronto nelle vicinanze della cometa, alcune più brillanti e alcune più deboli di questa. Usando un ingrandimento da 1,5 a 2 volte l'apertura del telescopio in centimetri, così da minimizzare le dimensioni apparenti della cometa, si opera poi nel seguente modo:

1a) si sfuoca il telescopio fino a che le stelle e la cometa hanno dimensioni apparenti simili;

2a) usando la stella più brillante e una stella più debole della cometa si determina la magnitudine della cometa per interpolazione;

3a) si ripete il passo (2a) usando diverse coppie di stelle;

4a) si mediano i valori ottenuti nei punti (2a) e (3a) e si arrotonda al decimo di magnitudine.

b) Metodo di **Sidgwick (*): è** detto anche metodo dentro-fuori. Si opera nel seguente modo:

1b) si memorizza la luminosità "media" della chioma (con l'immagine a fuoco). Per effettuare questa valutazione occorre una certa pratica;

2b) si sfuoca una stella di confronto sino a farle assume-

re dimensioni della chioma (quando questa è a fuoco);
3b) si paragona la luminosità superficiale della stella sfuocata con la luminosità media della chioma, memorizzata al punto (1b);
4b) si ripetono i passi (2b) e (3b) finché si trova una stella che combacia con la cometa, oppure sino al punto in cui si può operare una ragionevole interpolazione della magnitudine della chioma.

c) Metodo di **Morris (*)**: con esso si cerca di far combaciare il diametro della cometa leggermente sfuocata con quello di una stella anch'essa sfuocata. La procedura prevede di:
1c) sfuocate la cometa sino a che la testa assume una luminosità superficiale approssimativamente uniforme; memorizzare l'immagine così ottenuta;
2c) far combaciare le dimensioni dell'immagine cometaria con quelle di stelle sfuocate. Le stelle siano più sfuocate della cometa;
3c) confrontando la luminosità superficiale delle stelle sfuocate con l'immagine memorizzata della cometa, si stima la magnitudine della cometa stessa;
si ripetono i passi da (1c) a (4c) fino ad ottenere un'attendibile stima di magnitudine, arrotondata al decimo.

Quando la magnitudine apparente della cometa è compresa tra quelle delle due stelle di confronto, il metodo standard da usare è il seguente (interpolazione): si stima la differenza di magnitudine tra la cometa e la stella più brillante, in passi o gradini "larghi" un decimo della differenza totale tra le due stelle di confronto. Si moltiplica poi il numero di decimi per la differenza di magnitudine delle stelle e si somma il valore così trovato alla magnitudine della stella più brillante. Il valore della magnitudine viene arrotondato al decimo.
In generale è buona norma effettuare le stime di magnitudine con lo strumento ottico più piccolo in grado di consentire l'osservazione della cometa. Se ciò è possibile farlo ad esempio, con un binocolo, sarà questo lo strumento da preferire invece del telescopio; le stime risulteranno meno affette da errori poiché col telescopio la tendenza è quella di sottostimare la magnitudine (*).

Fig. 7: *A sinistra, immagini che illustrano i diversi gradi di condensazione della chioma, secondo John Bortle* (tratto da: Manuale IHW, a cura di S.J. Edberg, p. 34).

Il diametro della chioma

Per determinare il diametro della chioma possiamo usare varie tecniche. Quella più accurata prevede l'uso di un micrometro bifilare o di un reticolo con incisa una scala graduata (fig. 6).
Un altro metodo che, se si lavora con accuratezza dà buoni risultati, richiede l'uso di un oculare con reticolo debolmente illuminato. Prima si orienta il reticolo con un asse in direzione est-ovest: in questo modo, col moto orario del telescopio spento, osserveremo le stelle spostarsi esattamente parallele ad esso. Si cronometra il tempo t necessario perché la chioma attraversi l'asse nord-sud del reticolo.

Fig. 6: *un moderno micrometro bifilare che si inserisce nel fuoco del telescopio.*

E' preferibile prepararsi a cronometrare con la chioma fuori del campo di vista dell'oculare e con il motore del telescopio già spento.

Il diametro ***d*** (in minuti d'arco) della chioma della cometa viene calcolato con la relazione

$$d = (1/4)\, t \cos(decl)$$

in cui **decl** è la declinazione della cometa al momento dell'osservazione e ***t*** è espresso in secondi. Se si compiono più misurazioni e poi si mediano i risultati, il valore ottenuto alla fine è di soddisfacente precisione.

Il grado di condensazione della chioma

Il grado di condensazione della chioma descrive il profilo di intensità lungo una linea che attraversa la chioma passando per la condensazione centrale. Essa si esprime con valori che vanno da 0 (quando l'immagine è diffusa e non mostra alcuna condensazione: il profilo è piatto e liscio) a 9 (quando si ha un'immagine stellare, puntiforme). Talvolta le comete sviluppano una chioma caratterizzata da un bordo netto, simile ad un disco planetario. Gli osservatori esperti assegnano in genere in questi casi un grado di condensazione 9 in quanto la chioma non è per niente diffusa. Il valore del grado di condensazione è sempre espresso con un numero intero: i decimali non sono significativi (fig. 7).

La magnitudine della condensazione centrale (m_2)

La stima della magnitudine centrale (indicata con m_2) è generalmente poco considerata, ma a volte è molto interessante. Si effettua in genere sulle comete con chioma più condensata e con strumenti di diametro consistente (ad esempio, dai 25 cm in su). I metodi da usare sono in pratica gli stessi descritti alle pagine 50 e 51. In questo caso però, **si prende in esame solo il falso nucleo, determinandone luminosità e dimensioni apparenti**.

Quando il falso nucleo appare di aspetto stellare, la stima di luminosità va effettuata direttamente a fuoco, come se si trattasse di una stella variabile.

La luminosità e l'aspetto del falso nucleo sono strettamente collegati all'emissione di materia dal nucleo solido, si tratta quindi di informazioni di notevole interesse scientifico. Si nota spesso però, che il falso nucleo modifica velocemente il suo aspetto, e ciò implica un monitoraggio pressoché costante nel corso della notte d'osservazione e possibilmente per più notti consecutive. Le comete più indicate per questo tipo di ricerche

TABELLA DEI GRADI DI CONDENSAZIONE DELLA CHIOMA (FIG. 7)

Grado 0	Chioma diffusa, la luminosità è uniforme e non vi è traccia di condensazione
Grado 1	Chioma diffusa, possibilità di una lieve luminosità nella zona centrale.
Grado 2	Una definita luminosità, specie se confrontata con le parti esterne, presente al centro della chioma.
Grado 3	Chioma ben differenziata; facilmente percepibili due livelli differenti di luminosità.
Grado 4	Condensazione definita, sebbene diffusa, nel centro della chioma; la condensazione occupa circa un quarto del diametro totale della chioma.
Grado 5	Maggiormente condensata rispetto alla definizione precedente, appare come una macchia brillante nel centro della chioma.
Grado 6	Condensazione molto evidente, chioma di luminosità uniforme eccetto che per il centro; falso nucleo tondeggiante.
Grado 7	La condensazione appare come una stella indistinta non perfettamente a fuoco.
Grado 8	Il falso nucleo appare come una stella osservata al telescopio in una notte con turbolenza atmosferica piuttosto forte; di aspetto stellare ma confuso.
Grado 9	chioma di apparenza stellare.

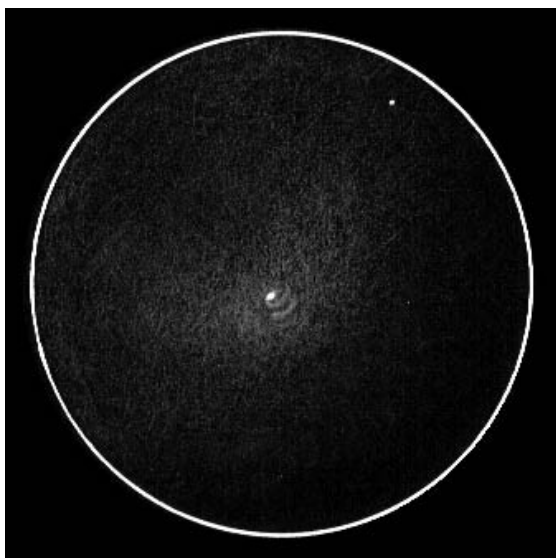



FIG. 8: *La cometa Hale Bopp in un disegno di Kiminori Ikebe del 30 marzo 1997, in condizioni di buona trasparenza. Telescopio di 21cm, 230x. Dimensioni del campo: 12'. In prossimità del falso nucleo è evidente una struttura a doppio guscio. Il nucleo appare molto luminoso, intorno alla magnitudine -0,5. esso è quasi stellare, ed appare deforme e allungato.*

sono quelle molto attive (con falso nucleo luminoso e ben marcato, ad esempio la Hale Bopp di fig. 8), oppure quelle ritenute pressoché inattive (ad esempio la Arend-Rigaux, figg. 9 e 10), dove la chioma è molto debole.

Nei casi intermedi, la condensazione centrale appare fusa assieme alla chioma e diventa complesso separarla in modo chiaro.

L'osservazione della coda

Solo le tecniche di ripresa digitale consentono di rilevare i dettagli più deboli e fini della coda. Nonostante ciò,

FIG. 10: *Immagine della cometa 49P/Arend-Riagux ottenuta da Juanjo Gonzáles Díaz il 31 gennaio 2012. Si noti l'aspetto stellare della condensazione nucleare.*

può essere comunque utile osservarla visualmente con l'obiettivo di ricavare la sua lunghezza e il suo angolo di posizione. Il modo più semplice è quello di riportare con la maggior accuratezza possibile, su un atlante stellare, la posizione della testa e della coda e misurandone poi la lunghezza basandoci sulla scala dell'atlante e l'angolo di posizione con un goniometro. L'angolo di posizione è calcolato a partire dalla direzione del Nord andando verso Est.

Infine, da un'accurata osservazione visuale, con un po' di pratica è possibile realizzare disegni di una certa precisione che, se da una parte non portano informazioni aggiuntive alle fotografie e alle loro elaborazioni, sono senza dubbio motivo di grande soddisfazione e lasciano traccia visibile di quanto osservato.

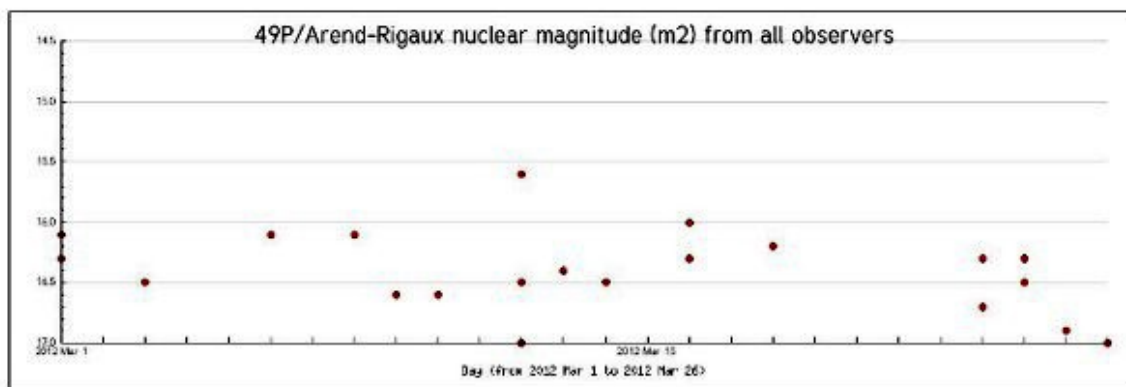



FIG. 9: *Grafico della magnitudine della condensazione centrale m_2 della cometa 49P/Arend-Rigaux tra il 1° ed il 26 marzo 2012*

FIG. 11: *Disegno della cometa Holmes eseguito da Martin McKenna il 10 dicembre 2007 con un binocolo 10x50.*

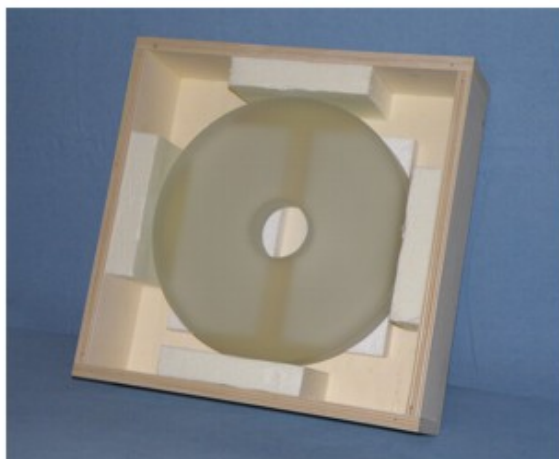
FIG. 12: *Disegno della cometa 17P/Holmes eseguito dall'Autore il 1° novembre 2007 con un binocolo 15x80.*

Consigli pratici per l'osservazione

In conclusione, ecco alcuni consigli pratici utili al fine di ottenere delle buone stime di magnitudine:

- Evitare di condizionarsi, calcolando prima dell'osservazione la magnitudine prevista della cometa sulla base delle effemeridi o di precedenti osservazioni.
- Evitare se possibile di utilizzare stelle di confronto di tipo spettrale troppo avanzato, salvo il caso di comete con una intensa coda di polveri, nel qual caso è più indicato l'uso di stelle di tipo spettrale G oppure K.
- Non usare per il confronto oggetti diffusi, quali galassie, ammassi globulari o nebulose.
- L'intervallo di luminosità fra le coppie di stelle di confronto deve essere possibilmente inferiore ad una magnitudine.

(*) *Procedure tratte dal "Manuale IHW – Guida allo studio della cometa per astronomi non professionisti" di Stephen J. Edberg.*

Michele Martellini è nato nel 1965 a Viareggio (LU), dove vive con la moglie Laura e tre figli e dove lavora in forza alla Polizia Municipale. Astrofilo dal 1979, nel 1982 è entrato a far parte del Gruppo Astronomico Viareggio (G.A.V.) (www.astrogav.eu), nel quale attualmente riveste l'incarico di consigliere e responsabile dell'attività didattica astronomica, che svolge con grandi soddisfazioni presso numerose scuole elementari e medie locali. All'Osservatorio Astronomico "Alpi Apuane", di proprietà del G.A.V., si occupa di riprese fotografiche del "profondo cielo". Ha una particolare predilezione per le comete, da quando, nel 1983, ammirò la fugace apparizione della IRAS ARAKI ALCOCK.

Ecco i Video dell'installazione del telescopio REGINATO di 60 cm all'Osservatorio di Cervarezza (RE):
http://www.youtube.com/watch?v=n-o6CF6RBqA

http://www.youtube.com/watch?v=5HJd2VJdjao

FOTOMETRIA COMETARIA CCD CON STELLA DI CONFRONTO

Rolando Ligustri

FIG. 1:*Immagine mozzafiato della cometa McNaught ottenuta da Mary Fanner a Città del Capo, in Sudafrica, il 21 gennaio 2007, un'ora dopo il tramonto, con una Canon EOS 400D, a ISO 200, F/5.6* .

La fotometria cometaria

L'astronomia affascina il pubblico non specialistico essenzialmente per le meravigliose immagini degli oggetti celesti riprese con i grandi telescopi terrestri e spaziali.

Il noto astronomo americano William Romanishin osserva però che, "per fare scienza è necessario ben più delle semplici immagini. Le immagini sono necessarie come primo passo per classificare gli oggetti in base alla loro morfologia. Per procedere oltre nell'investigazione, sono necessarie informazioni quantitative, vale a dire, delle misurazioni delle proprietà degli oggetti. L'astronomia di tipo osservativo diventa vera scienza solo se possiamo cominciare a rispondere a domande di tipo quantitativo: quanto è lontano un dato corpo celeste? Quanta energia emette? Qual è la sua temperatura? La più fondamentale informazione che possiamo trarre da misure su oggetti celesti consiste nella misura dell'ammontare dell'energia, sotto forma di radiazione elettromagnetica, che riceviamo dall'oggetto. Chiameremo flusso questa quantità di energia: la scienza che misura il flusso ricevuto da un oggetto celeste é chiamata *fotometria*". La fotometria di comete, intesa come misura della magnitudine integrata della chioma, viene tradizionalmente effettuata con tecniche visuali, soprattutto da parte di astronomi non professionisti (si veda l'articolo di Michele Martellini a p. 48). Il principale limite della fotometria visuale è dato dalla difficoltà di stimare comete deboli, anche con telescopi relativamente grandi.

Oggi, la tecnologia dei sensori digitali offre enormi potenzialità nel campo dell'osservazione delle comete, consentendo di ottenere dati di grande interesse.

Le camere CCD, grazie alla loro elevata efficienza quantica, permettono di registrare comete deboli, con pose di pochi minuti. Risultati simili li possiamo oggi ottenere anche con le fotocamere reflex digitali munite di sensori con tecnologia CMOS.

Fig. 2: *A sinistra, il riflettore ISON di 45 cm (operativo nel New Mexico), al cui fuoco diretto è installata una camera CCD MicroLine ML 09000, utilizzato per la scoperta della cometa Elenin (C/2010 X1). A destra, un rifrattore apocromatico sul quale è accoppiata una reflex digitale CMOS.*

In questo articolo esamineremo le tecniche digitali che consentono una misura integrata di magnitudine della chioma e daremo cenni sui metodi per analizzare la morfologia della testa.

Il telescopio

Per fare fotometria cometaria, il telescopio non dovrà essere affetto da cromatismo. Sono consigliati i telescopi a riflessione nelle diverse configurazioni ottiche (fig. 2). Gli apocromatici vanno invece utilizzati con una certa cautela, nonostante l'elevata qualità raggiunta negli ultimi anni perché, accoppiati con le camere CCD (o DSLR con sensore CMOS), che coprono una banda spettrale molto ampia, non si ha la certezza di concentrare tutte le lunghezze d'onda in unico punto. E' opportuno utilizzarli con un filtro di banda V, oppure in luce bianca, ma accoppiati, in questo caso, ad un filtro infrarosso IR. Per quanto riguarda le dimensione del telescopio, per esperienza diretta posso affermare che già con un 20 centimetri è possibile studiare tutte le comete fino alla magnitudine 14. Ovviamente, con telescopi di diametro superiore, possiamo arrivare alla 16^a e oltre.

La camera CCD (oppure una digitale reflex)

Per prima cosa, la camera CCD da utilizzare dovrà avere una risposta lineare. Sono pertanto da evitare quelle che fanno uso di un dispositivo antiblooming. Ottime la camere che utilizzano i sensori Kodak KAF 400, KAF1600 (fig. 3), KAF 6300, tutti della serie E (enchance). Questo per la loro ottima risposta di frequenza e per la buona efficienza quantica. Per fare foto-

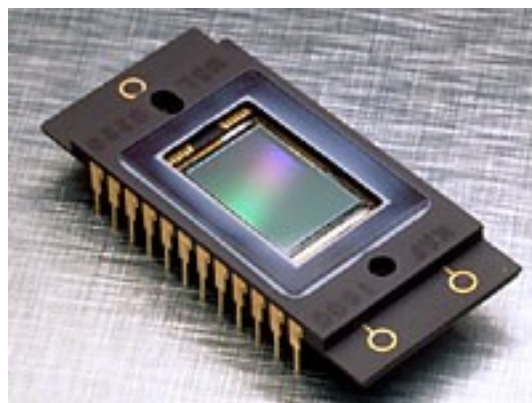
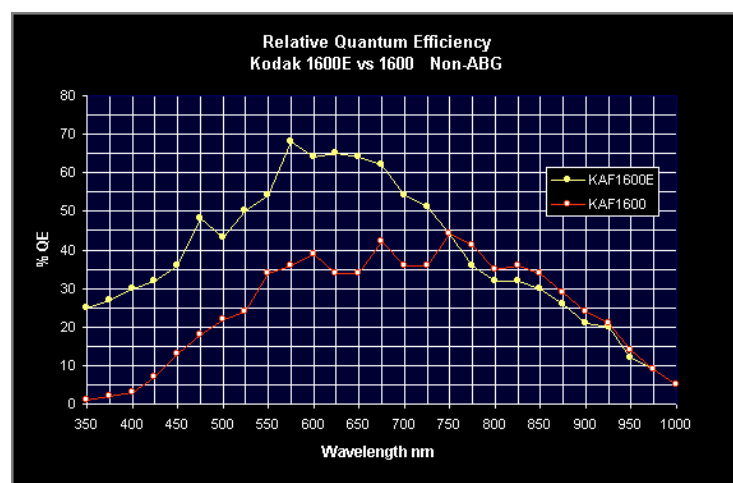



Fig. 3: *Il grafico a sinistra mostra l'efficienza quantica dei sensori Kodak KAF-1600E e KAF-1600 (entrambi senza antiblooming). Il sensore della serie E è molto più sensibile rispetto allo standard KAF-1600, a quasi tutte le lunghezze d'onda. A destra, il sensore KAF-1600E nel suo alloggiamento.*

APS-H size sensor:
approx. 29 x 19mm

APS-C size sensor:
approx. 22 x 15mm

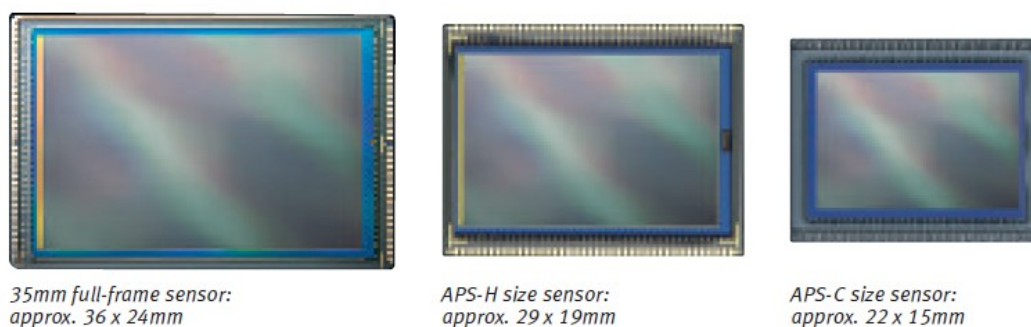



FIG. 4: *Sensori CMOS di diversi dimensioni utilizzati nelle reflex digitali della serie EOS Canon. Informazioni dettagliate sulle prestazioni di questi sensori sono riportate nell'articolo di R. Calanca, apparso sulla rivista Coelum: http://win.eanweb.com/Coelum_articoli/Coelum_n_103_pp_44-50.pdf*

metria non c'è bisogno di usare pixel molto piccoli, anzi spesso è preferibile lavorare in binning 2x2 o 3x3, così si otterrà un duplice effetto: un aumento di sensibilità del dispositivo ed un innalzamento della Full Well Capacity. Nell'ultimo decennio, la tecnologia CMOS ha fatto passi da gigante, producendo sensori di alta qualità anche per l'astronomia (fig. 4). Negli anni scorsi Canon lanciò sul mercato una fotocamera DSLR CMOS, la ormai mitica 20 Da, oggi sostituita dalla 60 Da (fig. 5), una fotocamera da 18 Megapixel, con un'area di ben 332 mm², con un'alta sensibilità nel rosso, in prossimità della riga dell'Hα. Ma anche le comuni DSLR, di normale impiego fotografico, si prestano bene per la fotometria delle comete. Esse hanno un pregio importante: grazie al filtro di Bayer, http://en.wikipedia.org/wiki/Bayer_filter (fig. 6), si possono acquisire simultaneamente quattro bande spettrali (delle quali, due nel verde), con una precisione prossima ad un millesimo di magnitudine, come ha ampiamente dimostrato Christian Buil con una serie significativa di test astronomici: www.astrosurf.com/buil/iris/tutorial15/

La Sessione Osservativa

Prima di iniziare le riprese della cometa è opportuno preparare adeguatamente la sessione osservativa. Per prima cosa si valuti il moto apparente che la cometa avrà nel corso della nottata, questo per determinare il tempo di posa massimo senza mosso. Ad esempio, se usiamo un CCD con un Kodak KAF 400E in binning 2x2 con un telescopio di 1400mm di focale, avremo 2.65"/pixel: se la cometa ha un moto proprio di 1" al minuto, potremmo fare pose anche di 3 minuti senza avere un "mosso" apprezzabile. Se invece la cometa avrà un moto di 5" al minuto, il tempo massimo, senza mosso, sarà di 30 secondi. Per ottenere comunque un buon rapporto segnale rumore si dovranno fare più pose, per far sì di ridurre anche le disuniformità di ripresa del sensore. L'uso dei filtri è necessario per poter ottenere misure di magnitudine di maggior significato scientifico. Essi si applicano però a comete molto luminose oppure quando si eseguono osservazioni con strumenti molto grandi (ad esempio, con telescopi di diametro maggiore di 400 mm).

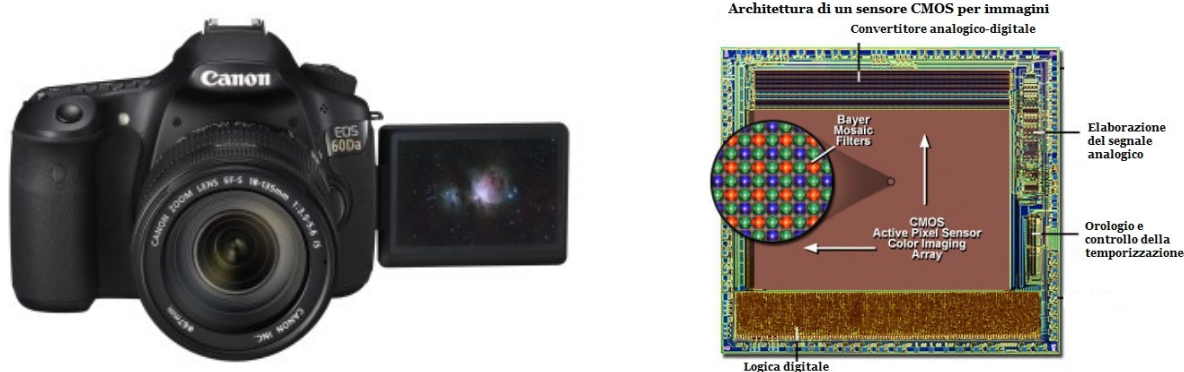



FIG. 5: *A sinistra, la digitale reflex EOS 60Da della Canon, un modello progettato per l'astrofotografia; il suo sensore CMOS APS-C, di 22.3x14.9 mm, 18 Megapixel, fornisce elevate prestazioni ed una sensibilità che raggiunge i 6.400 ISO. Le immagini fornite da questa fotocamera hanno rumore contenuto ed un'ottima gamma dinamica a 14 bit. Il filtro passa basso posizionato di fronte al sensore trasmette la lunghezza d'onda dell'idrogeno Hα in modo tre volte maggiore rispetto ad un filtro convenzionale.*

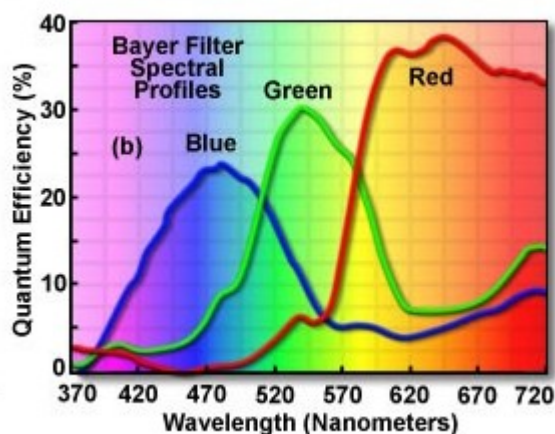



FIG. 6: *Efficienza quantica tipica del filtro di Bayer*

Con strumenti amatoriali si può pensare di utilizzare filtri di banda R o V (fig. 7), quando la cometa è più luminosa della 8ª magnitudine. Invece, per poter utilizzare i filtri interferenziali (tabella I), con banda passante minore o uguale a 10 nm, la cometa dovrà essere più luminosa della 3ª magnitudine. Per tutte le altre comete, che sono poi la maggioranza, si può semplicemente lavorare in luce bianca.

In fase di preparazione della serata, si devono scegliere le stelle di riferimento, che si dovranno trovare nelle immediate vicinanze della cometa da riprendere o al massimo a 1° di distanza, questo per non avere differenze elevate nella massa d'aria tra la foto della cometa e quella della stella di riferimento. La scelta dovrà cadere tra quelle stelle di classe spettrale del tipo solare F o G, si veda: http://it.wikipedia.org/wiki/Analogo_solare , e si tenga pure presente la seguente lista: http://adsabs.harvard.edu/abs/1996A&ARv...7..243C . Se si utilizza il software *Astrometrica*, il lavoro è sostanzialmente semplificato perché esso accede ai maggiori cataloghi stellari, ed esegue il confronto con numerose stelle, opportunamente individuate nel campo di ripresa. Teniamo sempre presente che le comete, riflettendo la luce solare, hanno un "colore" simile alle stelle di tipo spettrale G (fig. 9). Nelle immagini che otterremo, tali stelle non dovranno mai essere sature.

Agli inizi della serata si farà un controllo del cielo, che dovrà essere libero da veli o nuvole perché questi fenomeni atmosferici falsano la fotometria delle riprese. Inizieremo il lavoro solo quando il sensore ed il telesco-

Tabella I: Alcuni filtri interferenziali della Edmund Optics per l'osservazione delle comete
http://www.edmundoptics.com/products/

Specie	Tipo	λ (nm) Centrale	Larghezza di banda nm
C_3 (fig.8)	Gas (chioma)	405	10
Continuo	polveri	486	10
C_2	Gas (chioma)	515	10
Na	Gas (coda e chioma)	589	10
H_2O+	Gas (coda)	620	10
Continuo	polveri	647	10

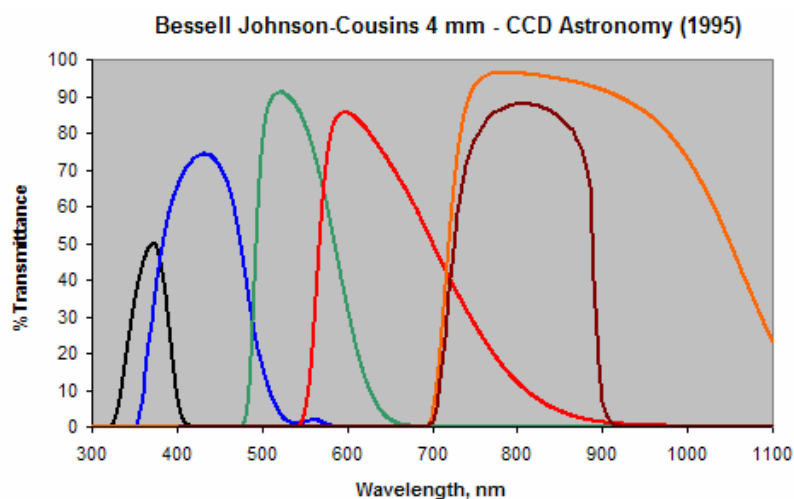



FIG. 7: *La trasmittanza dei filtri Bessell Johnson Cousin da 4 mm di spessore*

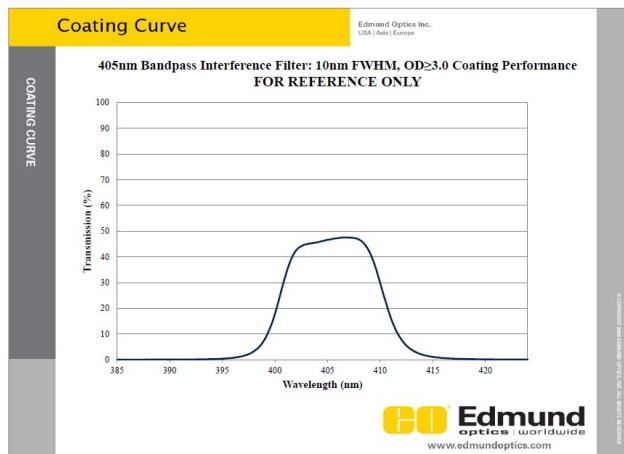



FIG. 8: *Curva di trasmissione del filtro Edmund Optics 405nm Bandpass a 10nm.*

pio saranno acclimatati.
Dopo aver messo a fuoco con i soliti metodi, punteremo il telescopio verso la cometa e inizieremo le riprese. Realizzeremo un consistente numero di immagini, così da migliorare il rapporto S/N. Altrettanto faremo con la stella di riferimento, qui, però la posa non dovrà essere molto lunga. Con stelle di 8ª magnitudine, ho appurato che tempi di 0.2-0.4 secondi sono i migliori. Subito dopo, realizzeremo un numero consistente di dark frame e di flat frame (almeno una decina) che poi medieremo per ottenere dei "master-dark" e dei "master-flat" . Terminata la sessione osservativa, passeremo al PC per ricavare dalle immagini i dati fotometrici della cometa.

Riduzione dei dati

Il lavoro della serata comprende un certo numero di immagini grezze della cometa, della stella di riferimento e i relativi dark ed i flat. Numerosi sono i software che si possono utilizzare per l'analisi delle immagini, uno dei più usati, è IRIS, un software gratuito, molto potente, sviluppato dal Christian Buil: www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm .
Per prima cosa, dai dark fatti ne otterremo uno che sarà la media o meglio la mediana di tutti e lo nomineremo "master-dark"; dei flat fatti faremo la media così otterremo un flat che andremo a chiamare "master-flat", fig. 10 (si veda un esempio di procedura con il software I-RIS: www.astrosurf.com/buil/iris/tutorial2/doc91_us.htm).
A tutte le immagini grezze della cometa sottrarremo il master-dark e divideremo il risultato per il master-flat, ottenendo così un'immagine calibrata.
IRIS, come numerosi altri programmi dedicati all'elaborazione delle immagini astronomiche (un elenco è indicato qui: http://astronomyonline.org/astronomysoftware.asp) consente di velocizzare tutte le fasi fin qui descritte. Ora allineeremo tutte le foto per ottenere una immagine che sarà la media di tutte le riprese fatte: l'allineamento si eseguirà sulla cometa.

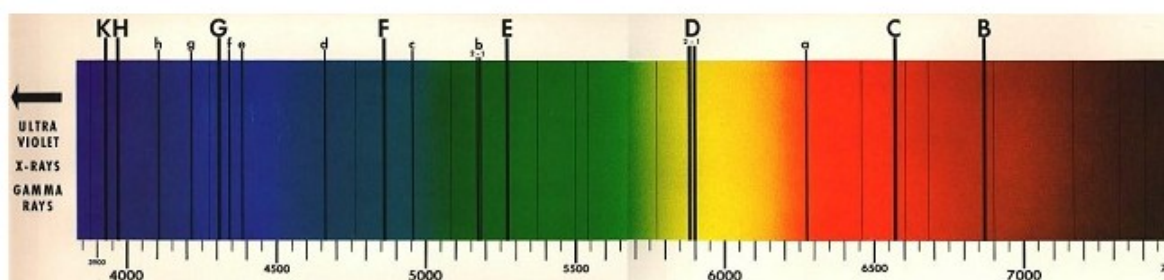
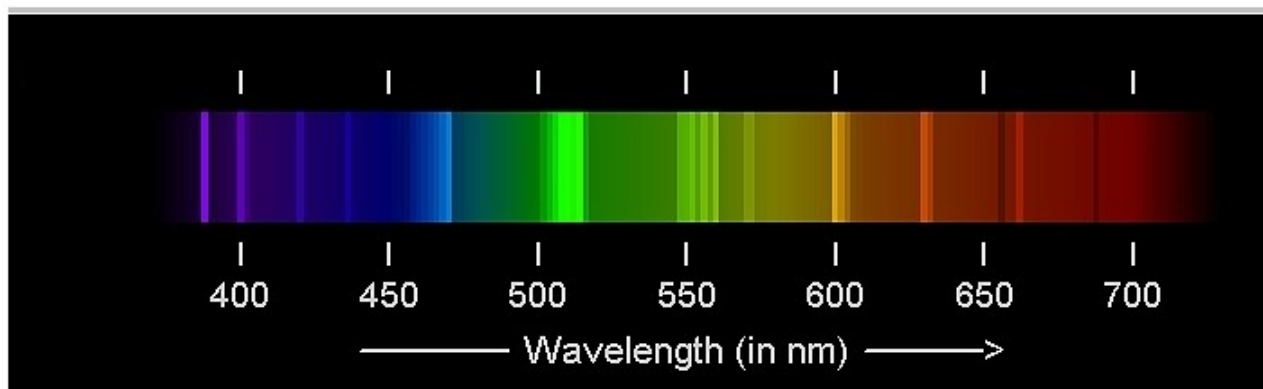



FIG. 9: *In alto tipico spettro di una cometa, con bande dovute al CN, NH_2 e C_2. Sotto, una parte dello spettro solare.*

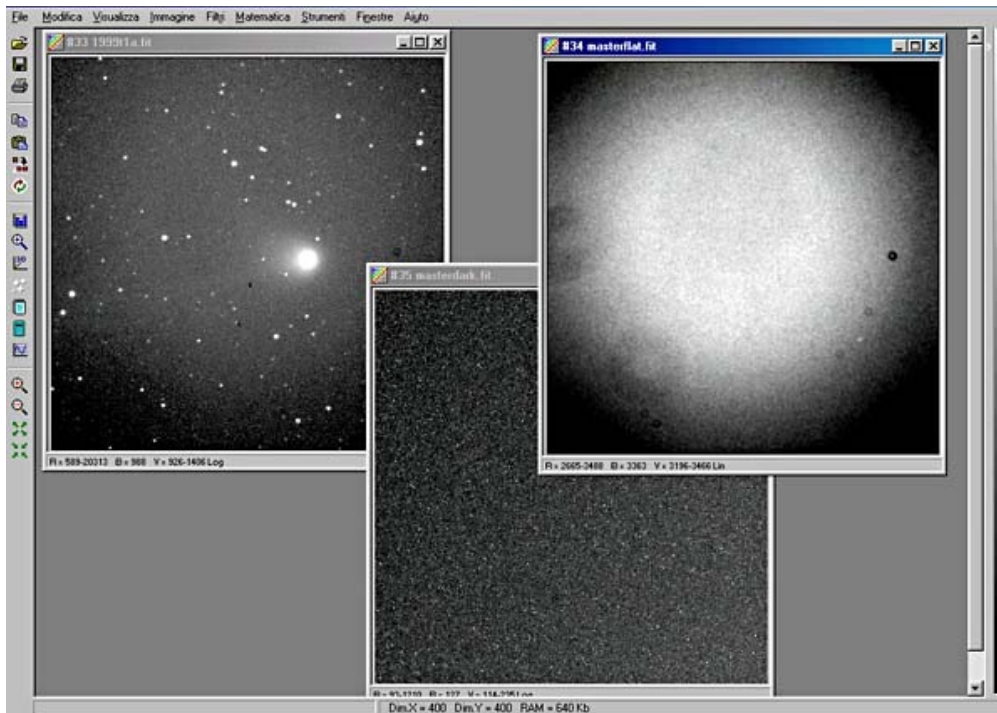



FIG. 10

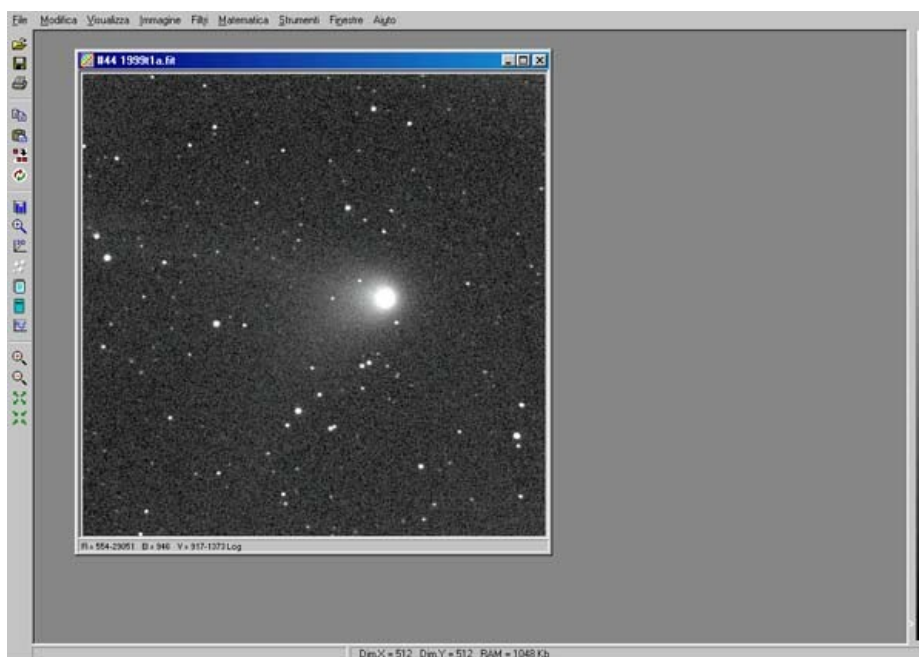



FIG. 11

Tale immagine sarà dotata di un buon rapporto S/N (fig. 11). Spesso all'interno della chioma avremo delle stelle di campo. Con le utility offerte dal software, le toglieremo dall'immagine, per evitare che esse possano "inquinare" le misure fotometriche.
Ad esempio, con il software *Astroart*, www.msb-astroart.com/, basta cliccare col pulsante destro ed attivare la finestra "modifica punti": avremo un'immagine come quella riportata in fig. 12 dove si vede chiaramente la stella "intrusa" ed i valori in ADU, tutt'intorno, relativi alla chioma. Cercando il più possibile di "seguire" i valori della chioma, modificheremo quelli relativi alla stella. L'immagine risultante è in fig. 13, dove si può' notare che le stelle di campo sono state sottratte. Quindi, deciso quanto dovrà essere grande il riquadro che ci servirà per la misura di magnitudine (dovrà essere grande abbastanza (fig. 14) da comprendere quanta più chioma possibile) si andrà a leggere il valore in ADU che il sistema riporterà e che ci segneremo. (per es. Vc= 4167289).

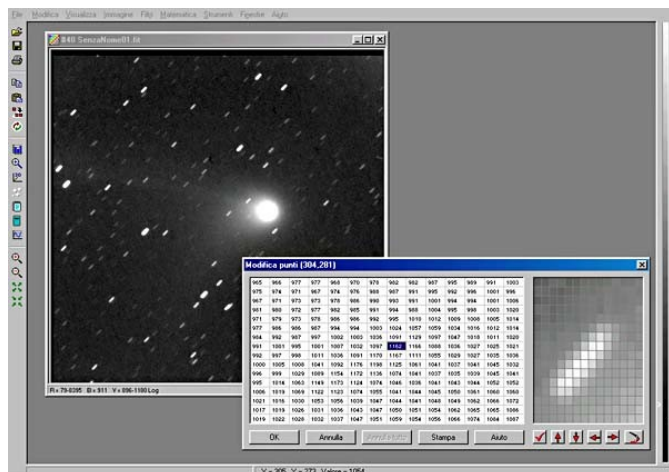



Fig. 12

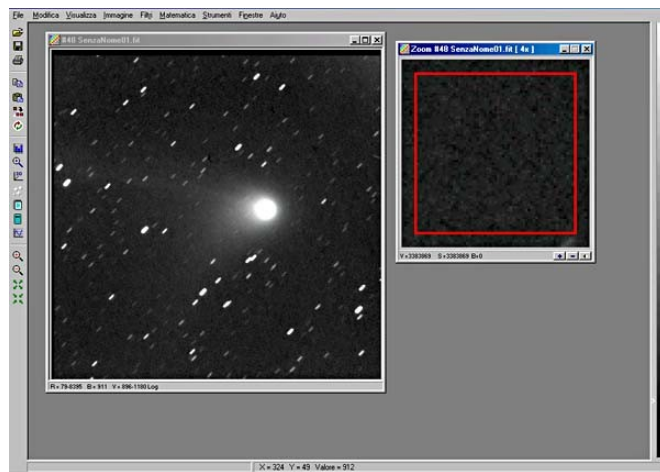



Fig. 15

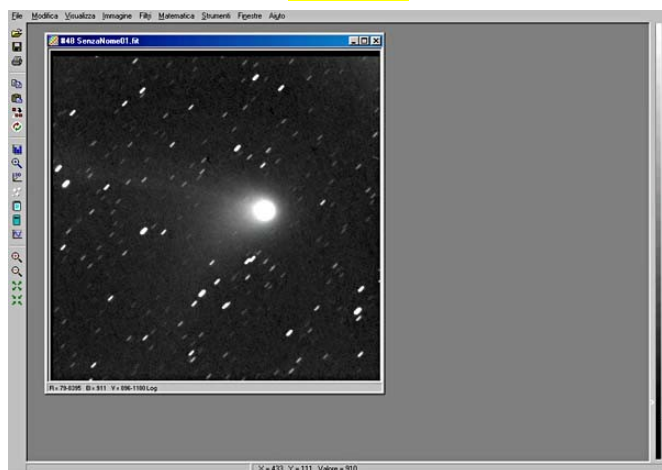



Fig. 13

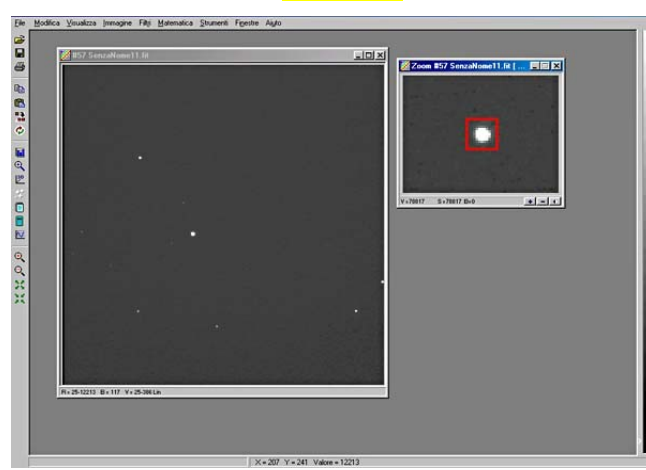



Fig. 16a

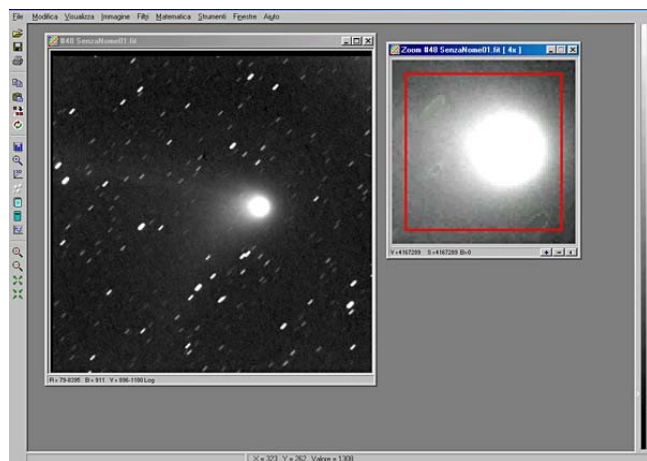



Fig. 14

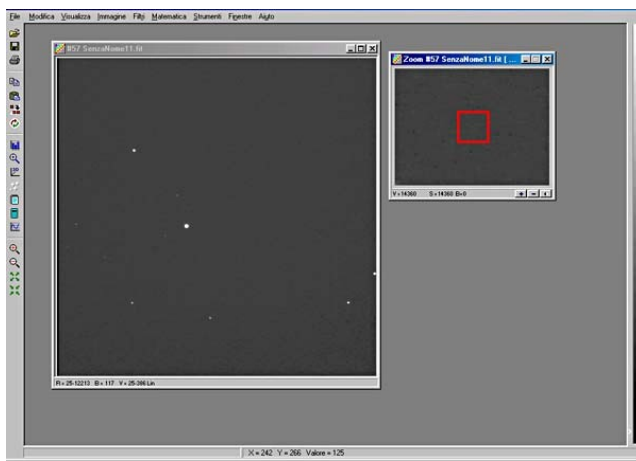



Fig. 16b

Ora, con la stessa dimensione di riquadro, cercheremo nella nostra immagine diversi punti privi di stelle, in modo da determinare il valore della luminosità di fondo (fig. 15); poi ne faremo la media aritmetica. (per esempio Vf=3383000). Il valore "puro" della misura della nostra cometa sarà la differenza dei due precedenti:

$$V_c - V_f = V_C = 784.289$$

Lo stesso procedimento lo applicheremo alla stella di riferimento (figg. 16a e 16b), ottenendo, nel nostro esempio, un valore $V_R = 65.557$

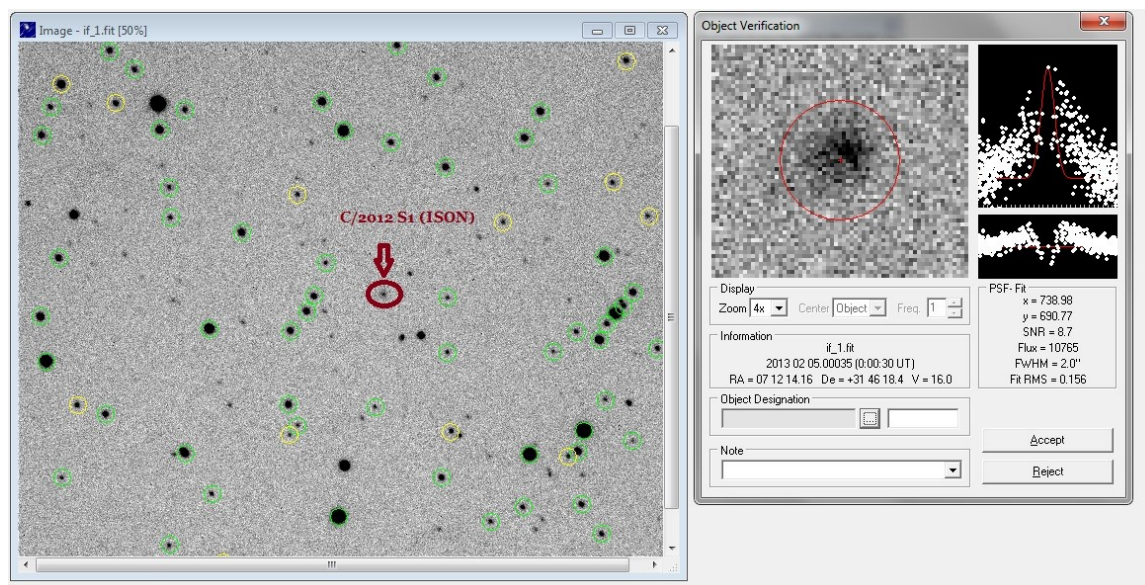



FIG. 17: *Stima della magnitudine della cometa C/2012 S1 (ISON) con il software* Astrometrica. *L'immagine, di 1 minuto d'esposizione con filtro V, è stata ottenuta il 5 febbraio scorso con il telescopio di 152cm dell'Osservatorio INAF di Bologna, Stazione Astronomica di Loiano. La magnitudine V misurata su di un cerchio di 15 pixel di raggio (pari a 9"), è risultata uguale a 16.1. Si ringrazia il dr. Ivan Bruni dell'Osservatorio di Bologna, Stazione Astronomica di Loiano, per l'utilizzo dell'immagine.*

A questo punto calcoleremo la differenza di luminosità tra la cometa ed la stella:

$$V_1 = 2.5\log(V_R/V_C),$$

sostituendo: $V_1 = -2.69$

Le due riprese hanno esposizioni diverse: la cometa Tc = 30 secondi, mentre per la stella di riferimento Tr = 0.2 secondi. E' necessario pertanto "normalizzare" le due riprese con la seguente espressione:

$$V_2 = 2.5\log(Tc/Tr)$$

sostituendo: $V_2 = 5.44$

Con un planetario digitale (ad esempio *Cartes du Ciel*, www.ap-i.net/skychart/) cerchiamo il valore di magnitudine V_s della stella di riferimento che, nel caso in esempio, è la SAO 158808. Avremo: $V_S = 6.34$

Infine, ora otteniamo la magnitudine M_c della cometa:

$$M_c = V_1+V_2+V_S = 9.1$$

Conclusioni

La qualità fotometrica delle osservazioni digitali di comete è molto elevata. Si può stimare un errore di 0.05 magnitudini per una cometa di magnitudine 10, che diventa di magnitudine 0.015 quando la luminosità della cometa è di 12ª. Una parte dell'errore è introdotto dal rumore della stella di confronto, ma la maggior parte di esso è da attribuire alla scelta dell'area da misurare. Infatti, un'area troppo piccola della chioma introduce un errore che può raggiungere e superare la mezza magnitudine.

Rolando Ligustri, nato il 15/11/1960 a Udine, ha iniziato ad osservare il Cielo nel 1973. Nel 1986, in occasione del passaggio della cometa di Halley, ha potenziato la sua strumentazione acquistando un newtoniano di 200/1000, con il quale ha iniziato a fotografare gli oggetti celesti. Dal 1993 è iscritto al Circolo Astrofili di Talmassons (www.castfvg.it) e, nel periodo 1997 - 2011, ha ricoperto la carica di presidente. Nel 1995 ha acquisito la sua prima camera CCD e da allora ha osservato oltre 150 comete. Nello stesso anno, insieme gli altri membri del Gruppo Osservatori Comete italiano, prima, e CARA poi, http://cara.uai.it/, ha iniziato un programma di misure fotometriche di comete. I dati sono serviti a scrivere alcune pubblicazioni apparse su riviste specializzate internazionali. Ha anche contribuito a diverse decine di conferme di oggetti NEOCP, http://minorplanetcenter.net/NEOCPblog/, risultati poi essere comete. In tutti questi anni ha anche realizzato immagini suggestive di comete, spesso pubblicate su riviste italiane e straniere, nonché 4 APOD, http://apod.nasa.gov/apod/astropix.html.

CONFERENZE E CORSI DI ASTRONOMIA PROMOSSI DA EAN 2012-2013

Ean propone alle scuole ed alla comunità astronomica nazionale conferenze e corsi di astronomia tenuti da relatori esperti a livello professionale. Questi eventi si possono svolgere all'interno di strutture pubbliche o private a scelta del committente (aule scolastiche, biblioteche pubbliche e private, Osservatori Astronomici, enti culturali privati, circoli, agriturismi, ecc.).
Ecco alcuni esempi di **conferenze** che i nostri collaboratori propongono all'attenzione del pubblico:

ESEMPI DI CONFERENZE:

- **I volti di Selene**, la Luna da Galileo all'Apollo 11 (durata di 1h 30m)
- **I transiti di Venere**, la misura della parallasse solare nel corso dei secoli (durata di 1h 30m)
- **I pianeti del Sistema Solare**, un'introduzione alla famiglia del Sole (conferenza della durata di 1h 30m)
- **I pianeti extrasolari**, da secoli l'uomo ha cercato pianeti intorno ad altre stelle. Oggi se ne conoscono centinaia, qualcuno ha le caratteristiche per ospitare la vita? (durata di 1h 30m)
- **Stelle e galassie**, un'introduzione all'astrofisica (durata di 1h 30m)
- **Copernico questo sconosciuto** (durata di 1h 30m)
- **Galileo e il cannocchiale**, quando l'idea del mondo cambiò (durata di 1h 30m)
- **Giovanni Domenico Cassini**, l'astronomo del re Sole, il più grande osservatore del cielo del XVII secolo (durata di 1h 30m)
- **Giovanni Keplero**, e le prime leggi del cosmo (conferenza della durata di 1h 30m)
- **L'Astronomia di Leonardo da Vinci**, aspetti poco conosciuti delle ricerche di uno dei più grandi geni dell'umanità (conferenza della durata di 1h 30m)
- **Isaac Newton**, l'ultimo dei maghi (conferenza della durata di 1h 30m)
- **Albert Einstein** e i paradossi del tempo (conferenza della durata di 1h 30m)

I CORSI:

- **Astronomia generale**, livello medio (3 giorni, in un fine settimana)
- **La progettazione di un Osservatorio e l'utilizzo del telescopio** (3 giorni, in un fine settimana)
- **Corso avanzato di fotografia planetaria** (3 giorni, in un fine settimana)
- **Astrofotografia di profondo cielo** (3 giorni, in un fine settimana)
- **La fotometria dei transiti extrasolari** (3 giorni, in un fine settimana)
- **La ricerca degli asteroidi** (3 giorni, in un fine settimana)
- **Metodi di ricerca delle SN** (3 giorni, in un fine settimana)
- **Fotometria stelle variabili** (3 giorni, in un fine settimana)
- **Astrometria** (3 giorni, in un fine settimana)

Il coordinatore dei corsi e delle conferenze è Rodolfo Calanca.
Per ulteriori informazioni: rodolfo.calanca@gmail.com
cellulare: 348-3687842

Rassegna delle comete luminose nel 2013

Rolando Ligustri

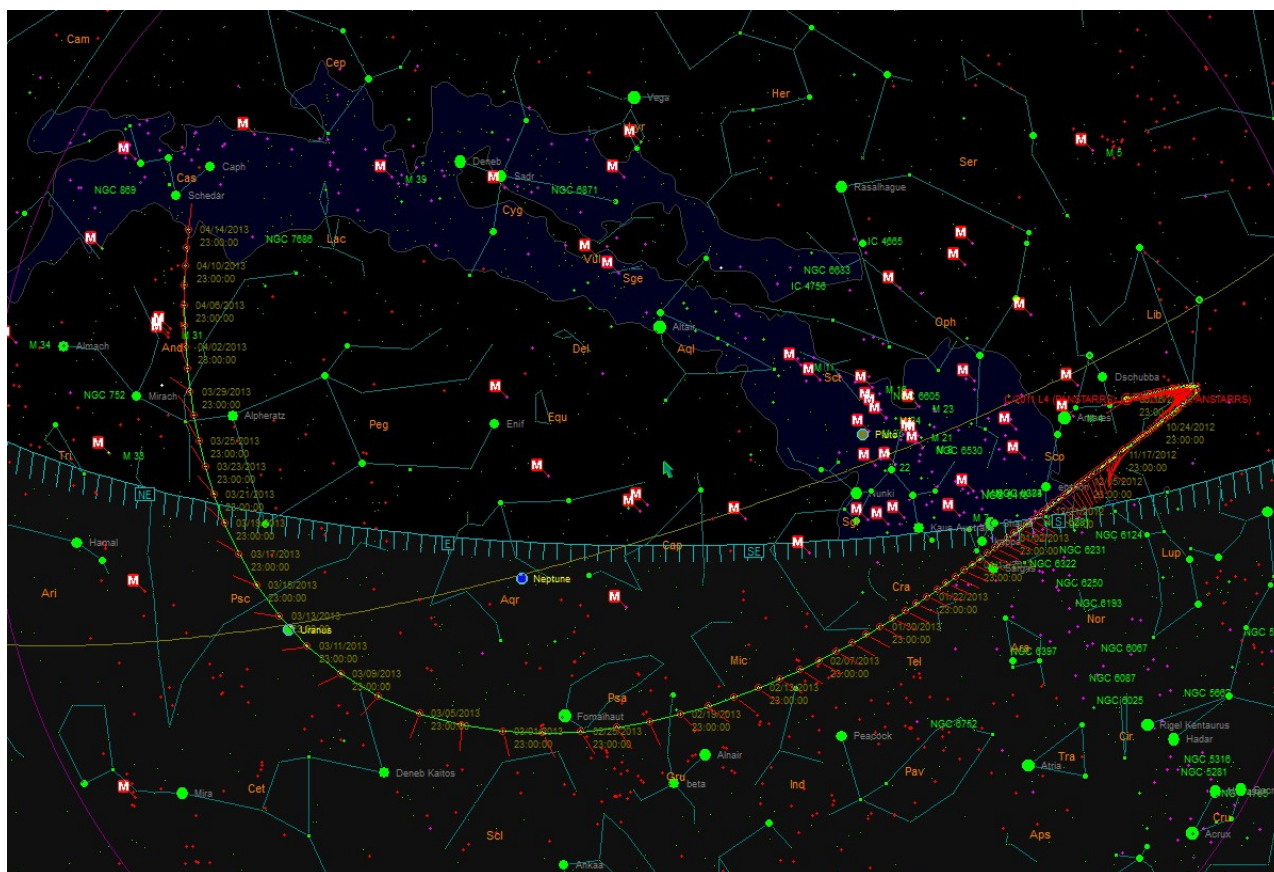



Fig. 1: *Percorso della cometa C/2011 L4 PanSTARRS fino alla metà di aprile*

Marzo 2013

Il 12 marzo è la data giusta per iniziare la nostra rassegna. Circa 1 ora dopo il tramonto del Sole, cercheremo bassissima a ovest la cometa **C/2011 L4 Pan-STARRS**, http://it.wikipedia.org/wiki/C/2011_L4_Pan-STARRS , che avrà una magnitudine prevista intorno alla –0.2 (le previsioni utilizzate sono ricavate dal sito del JPL: http://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi) e una coda lunga circa 10 gradi. Con una cometa così luminosa, anche se il cielo è ancora debolmente illuminato, la visione a occhio nudo del nucleo e del primo tratto di coda sarà possibile. L'utilizzo di un semplice binocolo 10x50 migliorerà moltissimo la percezione dell'oggetto; strumenti maggiori potranno migliorare la visione solo se dotati di oculari che permettono campi molto ampi.

Fotograficamente, vista la sua bassissima altezza sull'orizzonte e una coda abbastanza lunga, è consigliabile l'utilizzo di reflex digitali o camere CCD, accoppiate ad ottiche che producono un campo di almeno 15 gradi. L'esposizione dovrà tenere conto del moto proprio della cometa che sarà di circa 6"/min, della propria risoluzione/pix (risoluzione = dimensioni pixel in mm x 206265/ focale obiettivo in mm) e chia-

Fig. 2: *La cometa C/2011 L4 PanSTARRS ripresa il 9 settembre 2012 con una debole coda. Cortesia: Michael Mattiazzo.*

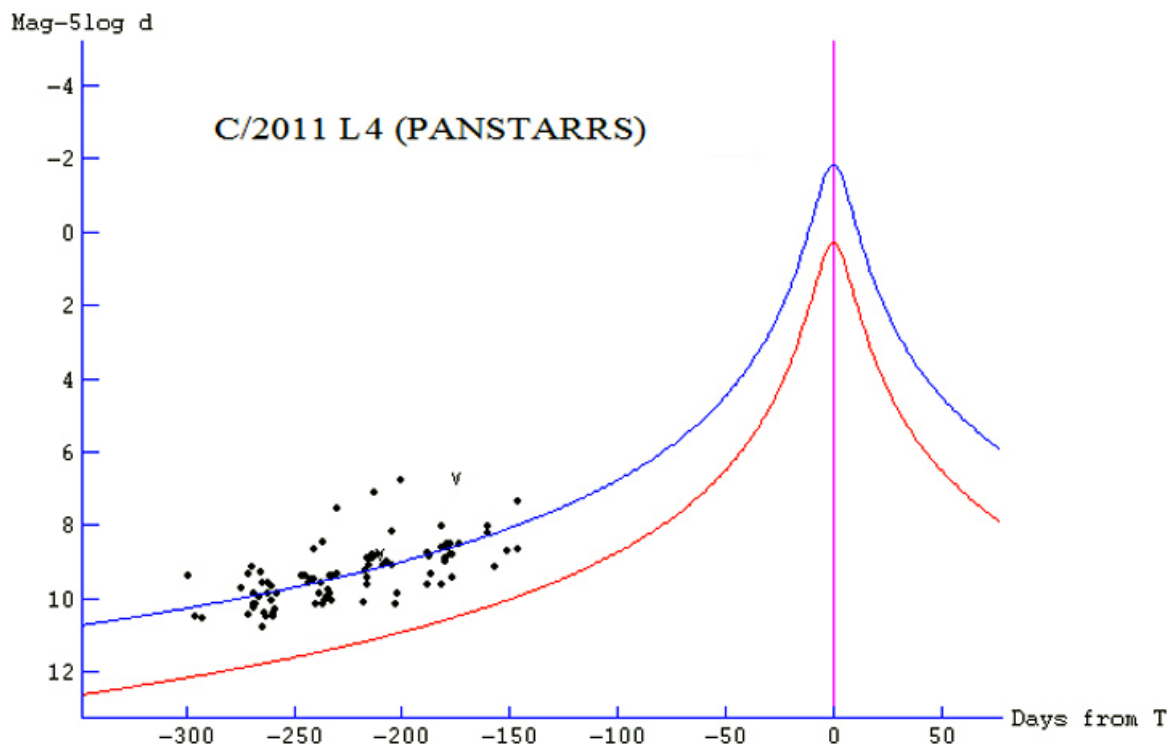



FIG. 3: *Grafico della variazione della magnitudine nel tempo della cometa C/2011 L4 (panSTARRS), ottenuto da 95 osservazioni. La formula che esprime la variazione di luminosità: m1 = 3.46 + 5logd + 10.21 log r. Cortesia: Sezione di Astronomia cometaria della Lega Iberoamericana di astronomia—LIADA.*

ramente del fondo cielo. E' preferibile fare più foto con esposizione corta (da verificare che il fondo cielo non sovrasti il segnale della cometa) e poi mediarle.

Con l'avanzare dell'imbrunire sarebbero suggestive delle immagini che ritraggono la coda che "esce" dall'orizzonte (fig. 4), in questo caso (scurendosi il cielo) si può aumentare il tempo di esposizione delle singole foto fino ad un massimo di 5 volte il valore di ris/pix del nostro sistema ottico, questo per non avere dei dettagli troppo impastati. Nei giorni seguenti la cometa si stacca sempre di più dall'orizzonte, ma cala di luminosità (a fine mese siamo intorno alla 4ª) e avremo Luna crescente per cui il disturbo aumenterà gradatamente ogni giorno, oltre al fatto che il Sole tramonterà sempre più tardi e quindi il cielo a ovest sarà comunque sempre piuttosto luminoso. A fine mese avremo la cometa che si troverà a circa 5 gradi dalla grande galassia M31.

Aprile

Ad aprile continua ad essere la PanSTARRS la cometa più luminosa visto che fino a metà mese sarà ancora visibile ad occhio nudo (questa volta dovremo cercare cieli molto bui), ma non sarà mai molto alta sull'orizzonte a nord-ovest e il ritardo del tramonto del Sole non contribuirà ad avere un fondo cielo scuro. Si potrà osservare anche prima dell'alba, ma l'altezza sull'orizzonte e l'elongazione dal Sole non migliorerà di molto.

Dal 3 al 5 aprile, con una luminosità inferiore di poco alla 5ª, passerà a meno di 3 gradi dalla galassia M31 (fig. 5) , potendo osservare da cieli bui di montagna si

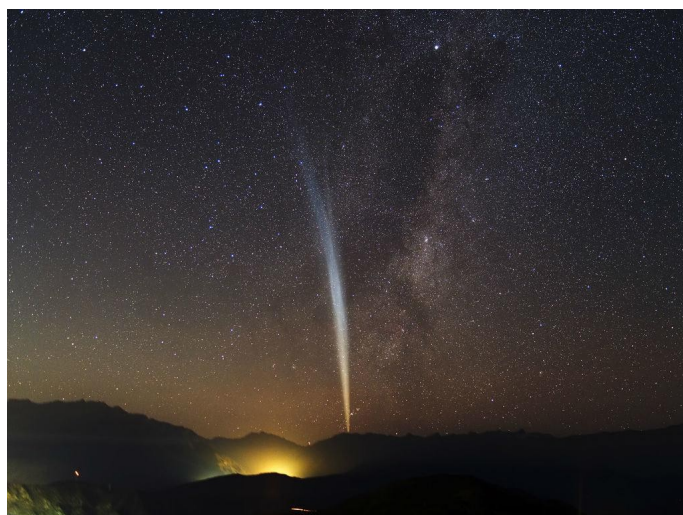



FIG. 4: *Esempio di splendida cometa (la Lovejoy) che spunta dall'orizzonte. Anche la C/2011 L4 (panSTARRS) potrà presenterà un aspetto simile nel mese di marzo.*

FIG. 5: *La cometa C/2011 L4 (panSTARRS) il 5 aprile, quando si troverà a passare ad appena 3° da M31.*

potranno vedere entrambi gli oggetti vicini. L'osservazione con binocoli sarà entusiasmante e anche con telescopi a largo campo. Riprendere fotograficamente entrambi gli oggetti sarà un "imperativo": la cometa dovrebbe mostrare ancora circa 2 gradi di coda e, avendo "rallentato" il proprio moto proprio a circa 3"/minuto, sarà possibile esporre più a lungo senza il mosso (teniamo presente che un mosso di 5 pixel si confonde dentro il falso nucleo). Un esempio: con una reflex digitale tipo APS e un teleobiettivo di 105mm potremmo fare pose singole anche di 15 minuti senza notare un grande mosso. Ma anche il disegno di una cometa al telescopio è una pratica artistica che garantisce grandi soddisfazioni (fig. 6).

Il 10 aprile, con una luminosità di poco inferiore alla 6ª la cometa si troverà a circa 1,5 gradi a ovest della coppia di galassie NGC185 e NGC147. Sarà uno spettacolo straordinario osservare questi oggetti con un binocolo di grandi dimensioni, ad esempio, un 20x100 (fig. 7) o di ottiche telescopiche dai 20cm in su, con un ingrandimento che consenta di contenere nello stesso campo sia la cometa sia le due galassie. Fotograficamente si potranno usare piccoli apocromatici (65-85mm di diametro, con focali inferiori ai 500mm, fig. 8) con campi di vista intorno ai 4 gradi circa. Il 19 aprile la cometa si troverà a 5 gradi a ovest della nebulosa NGC281 in Cassiopea. Il 28 del mese sarà a 2 gradi a sud-est della bella nebulosità associata all'ammasso NGC 7762 del Cefeo.

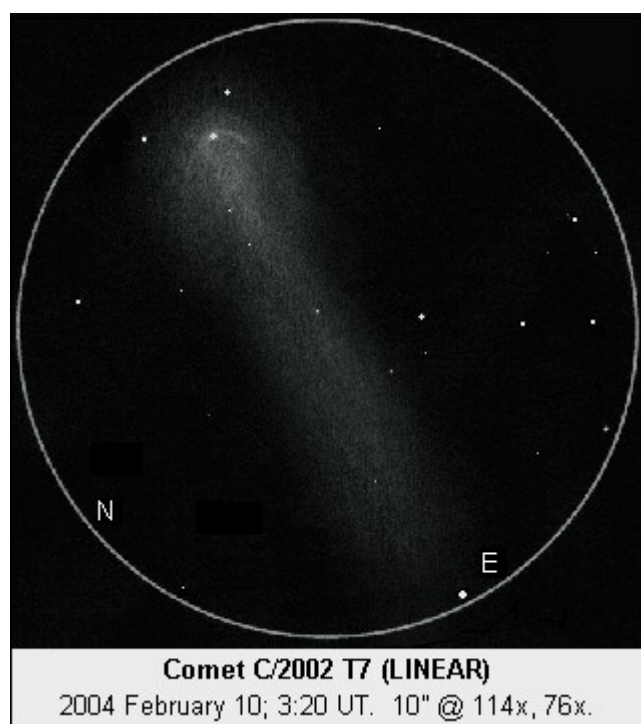



FIG. 6: *Disegnare una cometa osservata al telescopio è una pratica artistica che riserva grandi soddisfazioni. In questo bel disegno è raffigurata la cometa C/2002 T7 (LINEAR) il 10 febbraio 2004 con un dobsoniano di 25cm a f/4.5, oculari da 10 e 15mm, rispettivamente: 114x e 76x.*

Nei mesi seguenti la cometa diminuisce sempre di più la sua luminosità, diventando un oggetto telescopico: il 26 maggio, con una luminosità di 9.2 magnitudini, sarà a 5 gradi a sud della Stella Polare.

Fig. 7: *La piccola fabbrica giapponese MIYAUCHI produce un binocolo 20x100 alla fluorite di ottima fattura.*

Fig. 8: *Il tripletto apo Tecnosky 80/480mm è uno strumento particolarmente indicato per le riprese di comete luminose.*

Dalla metà di ottobre, nella costellazione del Leone, potremo, prima dell'alba, incominciare a seguire la "super-cometa" **C/2012 S1 ISON** che avrà una luminosità minore della 9^a magnitudine. Sarà osservabile con telescopi di dimensioni medie o con grossi binocoli. Una curiosità: per quasi tutto il mese di ottobre, la cometa sarà sempre a circa 1-2 gradi dal pianeta Marte.

Novembre

Una doverosa premessa relativamente alla cometa C/2012 S1 ISON: nel momento in cui scrivo queste righe, è ancora grandissima l'incertezza della luminosità che essa avrà a fine anno. Inoltre, è ancora incerto il suo destino: riuscirà a superare il perielio che si trova vicinissimo al Sole? Essa infatti rischia l'evaporazione!

Le informazioni che riporto nel seguito sono da prendere con prudenza: la cometa potrebbe essere anche più luminosa di quanto indicato, oppure, dopo il perielio, non esserci più!

Dopo la prima settimana di novembre, la ISON varcherà la soglia della visibilità ad occhio nudo e sarà osservabile prima, nella seconda parte della notte, poi, gradatamente sempre di più vicino all'alba. Cercheremo di seguirla fino ai primi giorni di dicembre, dopo sarà troppo vicina al Sole. Il 23 novembre, ad un'ora sola dal sorgere del Sole sarà di magnitudine 1, e con una coda (prevista) di 15 gradi. Sarà sicuramente visibile ad occhio nudo o con piccoli binocoli. Per le riprese fotografiche valgono le stesse considerazioni fatte per la PanSTARR. La cometa ISON è però assai "veloce" con un moto proprio intorno ai 10"/minuto. Durante il mese di novembre avrà una coda sempre più importante, già quando supererà la soglia di visibilità sarà presumibilmente lunga 2 gradi per arrivare ai 15 gradi sopra indicati. Il 18 novembre sarà "praticamente" accanto a Spica visto che disterà meno di 30' dalla stella. Dal 20 al 22 si troverà anche a soli 5 gradi da un'altra cometa visibile ad occhio nudo, la 2P Encke. Quest'ultima cometa varcherà la soglia di visibilità ad occhio nudo dopo il 10 del mese e, a fine mese, sarà di poco inferiore alla 5^a magnitudine. Essa apparirà molto più "modesta" della ISON, perché essendo una cometa "vecchia" (ha fatto molte rivoluzioni intorno al Sole) la sua attività superficiale sarà presumibilmente piuttosto bassa. Fotograficamente pur essendo molto più debole della ISON, ma avendo un moto proprio molto più lento, permetterà esposizioni più lunghe e pertanto sarà tecnicamente più semplice da riprendere.

Il passaggio al perielio della cometa ISON che avverrà il 28 novembre costituisce un vero e proprio enigma: anche le stime più prudenziali la danno di magnitudine -6,9! Qualcuno però ritiene che essa sarà assai più luminosa:di magnitudine -10 o, addirittura, -15!!! Questo potrebbe voler dire che **CON OPPORTUNI ACCORGIMENTI ED ATTENZIONI**, si potrebbe tentare di osservare la cometa intorno a mezzogiorno.

MA ATTENZIONE! IL SOLE SARA' SOLO A 2,5 GRADI DALLA COMETA

Poche nella storia sono le comete osservate di giorno. L'Autore di questa nota ha osservato la cometa C/2006 P1 McNaught dall'Osservatorio di Talmassons, proprio a mezzogiorno del 15 gennaio 2007, quando la cometa era di magnitudine –4 e il Sole a 7 gradi. **Schermando**

FIG. 9: *la cometa C/2012 S1 (ISON) come apparirà in cielo (si spera!) il 10 dicembre 2013, con una splendida, lunghissima coda!*

il Sole con la cupola, e usando un C11 a 70x, la cometa era facile da vedere, per cui immaginiamoci una cometa di mag. -7 oppure, ancor meglio, di -15!

Dicembre

Se la ISON sopravvivrà al calore del Sole, potremo incominciare ad osservarla, prima dell'alba, dal 4 dicembre quando sarà di mag. 0.6 con una coda di 20 gradi. Intorno al 20 dicembre si potrà iniziare ad osservarla anche in prima serata, ma la sua altezza sull'orizzonte sarà comunque più elevata all'alba. Sarà più luminosa della 6ª magnitudine (nelle previsioni meno rosee) fino ai primi giorni del 2014, quando sarà a pochi gradi dalla Stella Polare. Il 22 dicembre, con una luminosità di 3.7 passerà a 5 gradi ad ovest di M13. Vista l'alta luminosità della cometa, nei primissimi giorni di dicembre si potrebbe comunque tentare di osservare e fotografare la luminosa e lunga coda che emergerà dall'orizzonte a est. Ribadisco che queste sono stime indicative, al ribasso!

Se volessimo considerare quelle più ottimistiche, ecco che potremmo avere, per il giorno 4 dicembre, magnitudine -5 con una coda di 90 gradi (!).

Tutti noi che amiamo il cielo ci auguriamo di poterla ammirare in tutto il suo splendore!

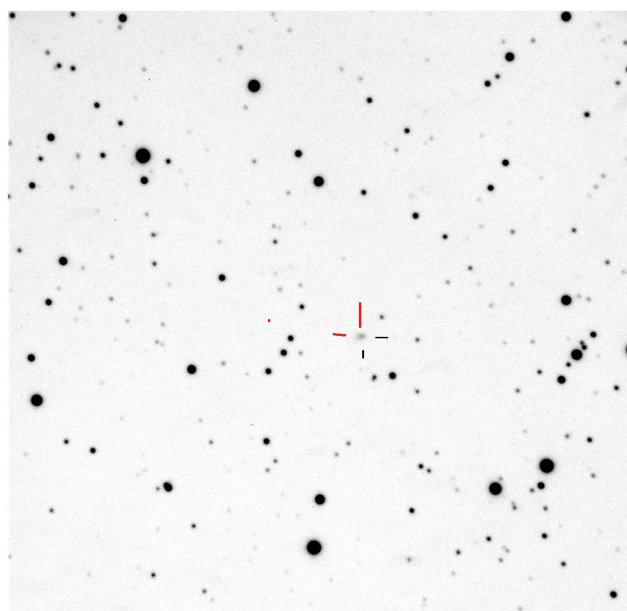
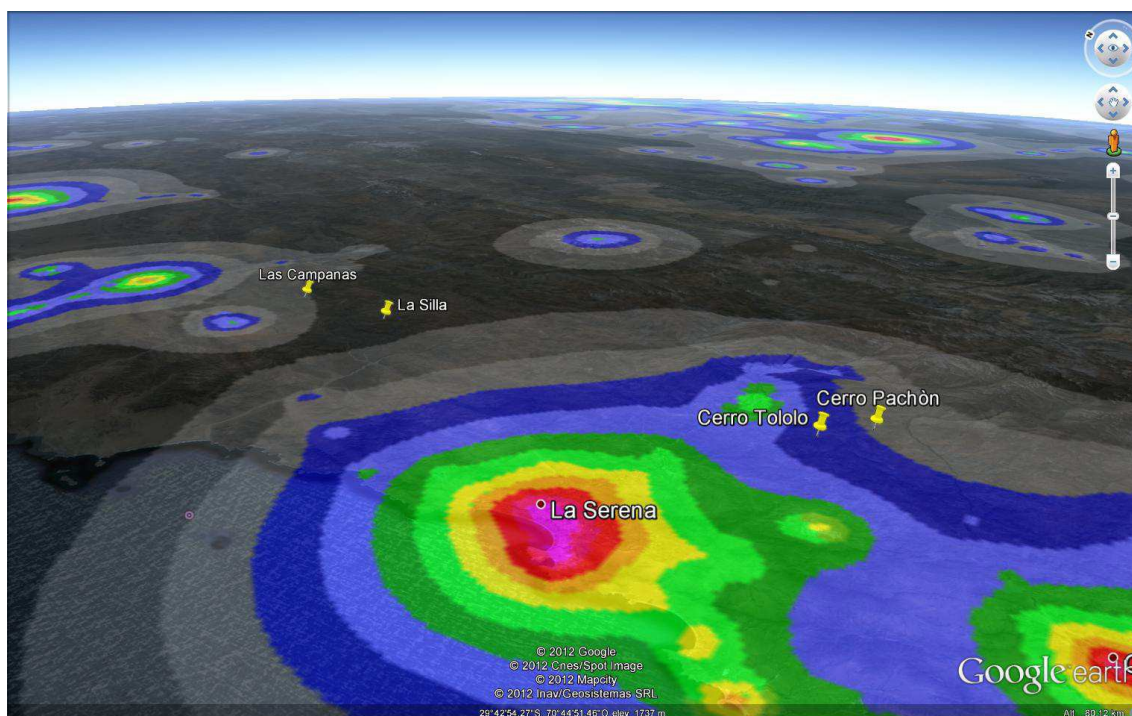



FIG. 10: *La cometa C/2012 S1 (Ison), in una somma di 4 immagini di un minuto ciascuna, con filtro R, ottenuta al telescopio di 152 cm dell'Osservatorio di Loiano il 5 febbraio scorso. La sua magnitudine nella banda R era 15.8 . (si ringrazia Ivan Bruni dell'Osservatorio di Loiano per averci concesso l'utilizzo delle immagini. Elaborazione: Gianni Casalnuovo)*

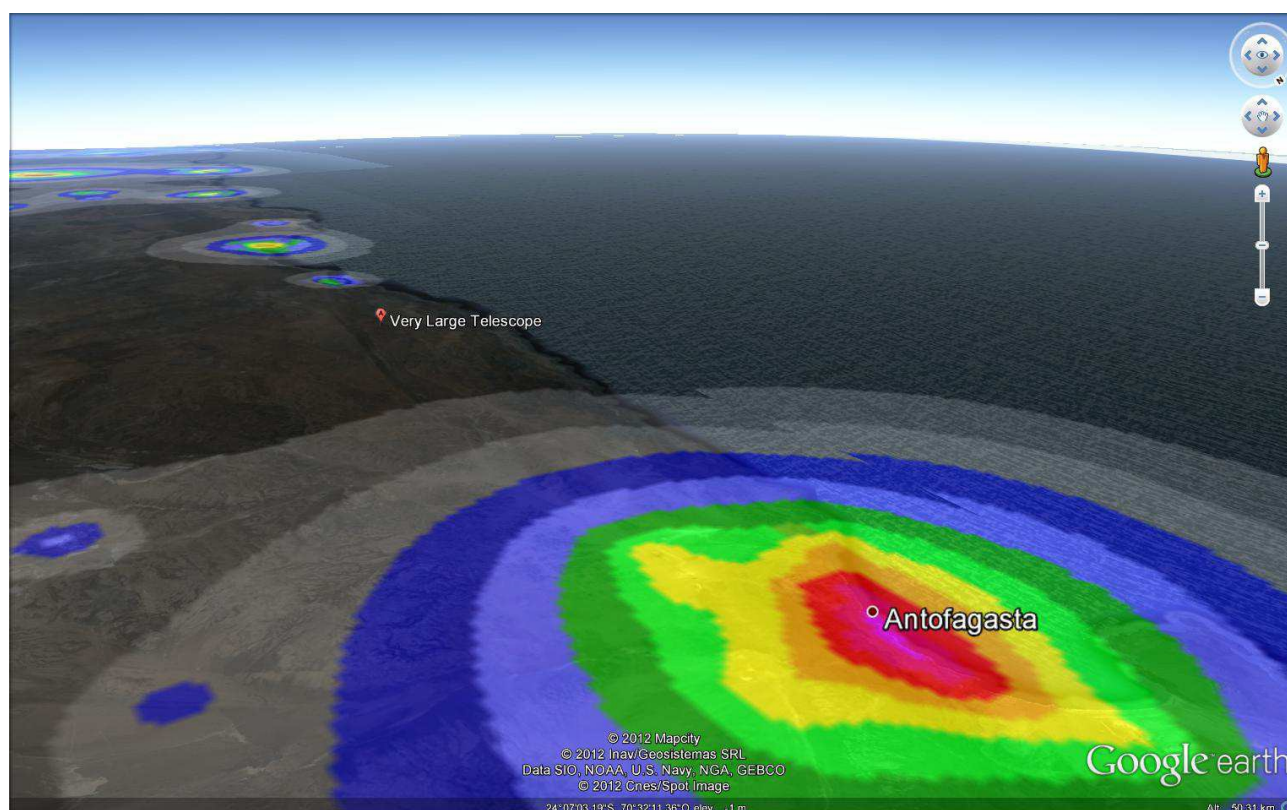
La Tomografia dell'Atmosfera per studiare la pessima salute del Cielo stellato e l'Ambiente

Fabio Falchi, Pierantonio Cinzano

Artificial night sky brightness nearby La Serena and Antofagasta (p. 71), taking into account for elevation, but not for mountain screening nor the upgrade toward fully shielded lighting, now in progress. Colours indicate, in twofold increases, the artificial sky brightness expressed as a ratio with the natural sky brightness at solar minimum (assumed to be 22.0 mag·arcsec-2 in the V band, corresponding to 171 µcd m-2): <0.02 (black), 0.02-0.04 (dark grey), 0.04-0.08 (grey), 0.08-0.16 (dark blue), 0.16-0.32 (light blue), 0.32-.64 (dark green), 0.64-1.3 (green), 1.3-2.5 (yellow), 2.5-5 (orange), 5-10 (red), 10-20 (pink), 20-40 (magenta), >40 (white).

Una nuova tecnica 'diagnostica' chiamata 'tomografia dell'inquinamento luminoso' aiuterà a salvare l'ambiente notturno e il cielo stellato. L'inquinamento luminoso, causato della luce artificiale, è l'alterazione dei livelli di luce naturalmente presenti nell'ambiente notturno. Questo, tra gli inquinamenti, è uno di quelli in più forte crescita nel mondo.

Come nella Tomografia Assiale Computerizzata (TAC), usata nello studio diagnostico del corpo umano, dove un computer analizza una serie di scansioni sezionali per ricostruire un'immagine tridimensionale del corpo, così la nuova tecnica di controllo ambientale permette agli scienziati di valutare il contenuto atmosferico di luce artificiale in opportune sezioni dell'atmosfera. La tecnica è stata sviluppata da Pierantonio Cinzano e Fabio Falchi dell'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso (ISTIL) ed è presentata nell'articolo 'The propagation of light pollution in the atmosphere', pubblicato sull'ultimo numero del 2012 di Monthly Notices of the Royal Astronomical Society.

Nel 2001 Cinzano e Falchi, lavorando con Cristopher Elvidge del NOAA National Geophysical Data Center (NGDC) di Boulder, ottennero dai dati satellitari DMSP il primo atlante mondiale della brillanza artificiale notturna, come percepita da un osservatore che guardi il cielo notturno. Fino ad oggi non era disponibile alcuna informazione sull'alterazione prodotta dall'inquinamento luminoso in ogni punto dell'atmosfera. Questo nuovo approccio '3D' incrementa notevolmente le informazioni bidimensionali fino ad oggi disponibili ed è fondamentale per valutare meglio l'impatto ambientale della luce artificiale diffusa in atmosfera.

E' in atto uno sforzo a livello planetario per preservare la capacità dell'umanità di percepire l'Universo oltre i

confini del nostro pianeta, per preservare integro l'ambiente notturno e salvaguardare la salute dei viventi (animali, piante e soprattutto l'uomo) dagli effetti negativi della luce artificiale notturna. Questi effetti negativi, uniti alle necessità di risparmio energetico, hanno spinto molte nazioni a predisporre azioni per arginare il fenomeno, come leggi e ordinanze per regolamentare l'illuminazione (tra i migliori esempi citiamo le Leggi Regionali di Lombardia, Veneto, Emilia-Romagna e Lazio e la legge nazionale slovena).

Questo nuovo strumento diagnostico aiuterà a ottenere informazioni sulle aree più degradate, sulle città più inquinanti, sui territori da preservare e ad identificare le aree meno contaminate, anche per la ricerca di siti osservativi per il turismo e per l'osservazione professionale. Le emissioni di luce artificiale sono misurate con i satelliti del DMSP (Defence Meteorological Satellite Program) e con il nuovo satellite Suomi NPP VIIRS. I dati raccolti sono elaborati ed archiviati all'NGDC/NOAA ed analizzati con il nuovo pacchetto software LPTRAN (Light Pollution radiative TRANsfer) presso ISTIL da Pierantonio Cinzano e Fabio Falchi. La futura missione 'NightSat' permetterà di raccogliere ulteriori informazioni, in particolare fornendo dati riguardanti le emissioni nelle varie bande spettrali.

Il lavoro presenta anche una versione aggiornata della mappa della brillanza artificiale del Cile, includendo le zone dei principali osservatori astronomici professionali e i possibili nuovi siti per i telescopi giganti della prossima generazione.

Fabio Falchi (a sinistra), fisico, è presidente di CieloBuio e, oltre ad insegnare, studia l'inquinamento luminoso come membro di ISTIL, anche in collaborazione con la National Oceanic and Atmospheric Administration e l'OPCC Cilena.

Pierantonio Cinzano, laureato in Astronomia e dottore di ricerca in Astronomia presso l'Università di Padova, ha svolto la sua attività di ricerca su "Inquinamento luminoso e protezione dei siti" presso il Dipartimento di Astronomia della stessa università fino all'aprile 2006. E' stato responsabile del progetto di ricerca "Inquinamento luminoso e protezione dei siti" dell'Università, finanziato nell'ambito dei Progetti per Giovani Ricercatori. Attualmente svolge la sua attività di ricerca per l'Istituto di Scienza e Tecnologia dell'Inquinamento Luminoso.

Contatti:
falchi@lightpollution.it
cinzano@lightpollution.it

ASTROCLOWN... UN MODO DIVERTENTE PER FARE ASTRONOMIA

Stefano Tocchio
stetocchio@libero.it

All'età di 12 anni mi sono avvicinato al "Mondo Astronomico" perché volevo capire ed osservare, da autodidatta, attraverso un piccolo telescopio prestato da un amico, cosa nascondevano quei misteriosi ed affascinanti punti luminosi che scrutavo nelle notti serene.

Da quel giorno, osservando dapprima i crateri della Luna, poi Giove e Saturno, per arrivare fino alle nebulose e alla galassie, questa coinvolgente passione non mi ha più abbandonato. Ne sono passati di anni!

Ora ne ho 44, ma l'amore e la voglia di scrutare la volta celeste non sono mai venuti meno... anzi, con il trascorrere del tempo si insinua in me la preoccupazione di non poter assistere alle future memorabili scoperte che certamente la scienza ci darà. La durata della vita di un uomo, rispetto ai tempi cosmici dell'Universo, è davvero troppo breve!

Nella vita privata, oltre ad un lavoro stabile, ho la passione per la clowneria, una passione che coltivo da molti anni e che mi ha portato a "calpestare" anche i palcoscenici in giro per l'Italia. Ho perciò continuamente l'opportunità di stare a contatto con i bambini, di capire gli aspetti del loro mondo interiore, che a volte è diverso dal nostro... anzi, spesso, molto diverso.

Da qui l'idea di avvicinare le future generazioni all'astronomia in modo originale, che sia cioè adeguato al loro modello di apprendimento, essenzialmente fondato sul gioco. Così, unendo scienza e gioco, è nato "L'Astroclown", un personaggio di fantasia di nome Lunatico che descrive l'Universo con il loro stesso linguaggio. Lunatico è un clown "Universale", che viaggia nello spazio con mezzi che per ora sulla Terra non abbiamo e di fare cose straordinarie in modo molto semplice. Proviene da Vegalopolis (un pianeta che orbita intorno alla stella Vega) e giunge sulla Terra quasi per caso per un problema all'Astrobus, il suo mezzo di trasporto, perché egli è infatti l'autista di un mezzo pubblico che viaggia nello spazio interstellare.

Con l'aiuto di stravaganti attrezzi e proponendo giochi inusuali, Lunatico si esprime con lo stesso linguaggio dei bambini, per far loro capire come funziona quell'Universo che egli ha visitato nei suoi viaggi spaziali.

Accattivante è la spiegazione del buco nero, descritto con un gigantesco imbuto che tutto inghiotte, mentre colpiscono la fantasia i pianeti rappresentati con le bolle di sapone, sfere perfette che volteggiano in aria proprio come i pianeti sospesi nel buio del cosmo; e ancora le distanze dei pianeti, i colori delle stelle, il tiro al pianeta e tanti altri giochi davvero avvincenti.

Il tutto in contrapposizione alle astruse spiegazioni di una Professoressa cattedratica, Aurora, molto sapiente ma che non riesce a farsi capire dai bambini.

Tutto ciò che Aurora spiega nel suo linguaggio per iniziati, viene riproposto da Lunatico in modo divertente, giocoso e fantasioso. Ed è questo uso del gioco come mezzo di comunicazione che consente al bambino di apprendere con facilità e piacere.

Questo progetto, a cui spesso segue un laboratorio di

astronomia e osservazioni della volta celeste, è stato presentato e svolto sia a livello teatrale che in varie scuole come progetto didattico. E' anche presentato, con gli opportuni adattamenti, anche nelle scuole con bambini di età prescolare.

Lo spettacolo ha la durata di un'ora e venti minuti circa ed è adatto a Bambini e Famiglie. Presentato a Frascati per tre anni consecutivi nell'ambito della Settimana Europea delle Scienza e della Ricerca ha riscosso un grande successo. Con la realizzazione di questo spettacolo abbiamo cercato di rendere i bambini protagonisti del processo di apprendimento di una scienza che gli appartiene e li coinvolge, rendendoli attivi e non passivi come purtroppo spesso accade quando si parla di scienza in modo non consono al livello del pubblico al quale ci si rivolge. Lunatico cerca di trasmettere il fascino ed il significato dell'astronomia, il far comprendere che siamo abitanti di una Galassia e che il nostro pianeta è solo un piccolo puntino luminoso illuminato da una stella… una delle tante in un cosmo immenso e affascinante.

Stefano Tocchio è Bubble Man, Clown, Clown magico per bambini, animatore. Esegue spettacolo di Clown Magico: "BERTOLDOSHOW"; spettacolo di fantasia, Magia e Giochi in un contesto di Illusionismo, Gags, Clownerie e Arti Circensi.

Esperto di BOLLE di SAPONE con spettacoli per adulti o per bambini a seconda delle esigenze della durata variabile da 5 minuti ad un'ora completamente mimato e musicale.

PRODUZIONI

- **BERTOLDO SHOW:** spettacolo magicomico realizzato dal clown Bertoldo con giochi e gag di magia ed illusionismo misti ad arte circense e clowneria.
- **ASTROCLOWN**: spettacolo Ludico Didattico dove LUNATICO, clown venuto dallo spazio, descrive l'UNIVERSO attraverso stravaganti attrezzi e impensabili giochi. (L'UNIVERSO DESCRITTO DA UN CLOWN STRAVAGANTE venuto dallo spazio).
- **BERTOLDO BUBBLE SHOW,** spettacolo di bolle di sapone con clowneria, magia, musica. Spettacolo adatto a tutte le età.
- **STEFANO TOCCHIO e le sue AEREE figure con BOLLE di SAPONE**, spettacolo su tavolo luminoso

—**DOTTOR BUBBLE E MISS SLIME;** Due scienziati un po' pazzi, si divertono a fare esperimenti tra magia chimica, bolle di sapone ed esplosioni.

- **"THE BLUES BUBBLES" con Stefano e Gioia Tocchio,** spettacolo di bolle di sapone della durata di un'ora. Un viaggio tra illusioni, magia e sculture, fatte con bolle di sapone. Coinvolgimento del pubblico.

PERIODO DI ROTAZIONE E DIAMETRO DELL'ASTEROIDE 4613 MAMORU

Giovanni Battista Casalnuovo
studioarchigraph@virgilio.it

FIG. 1: *L'asteroide 4613 Mamoru porta il nome dello scienziato ed astronauta giapponese Mamoru Mohri (nato nel 1948).*

4613 Mamoru (1990 OM)

Classification: Main-belt Asteroid **SPK-ID:** 2004613

[Ephemeris | Orbit Diagram | Orbital Elements | Physical Parameters | Discovery Circumstances]

[show orbit diagram]

Orbital Elements at Epoch 2456400.5 (2013-Apr-18.0) TDB
Reference: MPO250250 (heliocentric ecliptic J2000)

Element	Value	Uncertainty (1-sigma)	Units
e	0.3044810	n/a	
a	2.6626298	n/a	AU
q	1.8519096	n/a	AU
i	6.65445	n/a	deg
node	145.01356	n/a	deg
peri	255.37618	n/a	deg
M	40.41108	n/a	deg
t_p	2456222.3595462 (2012-Oct-21.85954620)	n/a	JED
period	1586.9549482	n/a	d
	4.34	n/a	yr
n	0.22684954	n/a	deg/d
Q	3.4733500	n/a	AU

Orbit Determination Parameters

# obs. used (total)	1073
first obs. used	1929-??-??
last obs. used	2013-01-17
# oppositions	23
planetary ephem.	DE403
condition code	0
fit RMS	0.57
data source	MPC:mpn
producer	MPCLINUX

Additional Information

T_jup = 3.308

[Ephemeris | Orbit Diagram | Orbital Elements | Physical Parameters | Discovery Circumstances]

Physical Parameter Table

Parameter	Symbol	Value	Units	Sigma	Reference	Notes
absolute magnitude	H	11.8	mag	n/a	PDS3 (MPC 17273)	

4613 Mamoru (1990 OM) Discovered 1990-Jul-22 by Watanabe, K. at JCPM Sapporo

Reference: DISCOVERY.DB **Last Updated:** 2003-08-29

FIG. 3: *Per sicurezza ho controllato anche sul sito JPL Small-Body Database Browser http//ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi se vi fossero dei dati aggiornati sull'asteroide, ma anche qui era indicata solamente la magnitudine assoluta (11.80), dato comunque utile per verificare la bontà delle mie successive osservazioni.*

Nello scorso mese di novembre, controllando sul sito del Minor Planet Center *www.minorplanet.info/PHP/call_OppLCDBQuery.php* l'esistenza di potenziali asteroidi da seguire al fine di ricavare, o migliorare, i dati sul periodo di rotazione (e, se in opposizione, anche il diametro), potevo verificare, con mia sorpresa, che per uno di essi — tra quelli con magnitudine abbordabile con il mio setup strumentale, che consente di studiare oggetti di luminosità non inferiore alla magnitudine 14.50— non esisteva alcun dato da perfezionare (figg. 2 e 3), sia in relazione al periodo di rotazione, ma anche al diametro: tali parametri fisici risultavano tutti sconosciuti. Trattandosi tra l'altro di un asteroide che era in opposizione, con un angolo di fase prossimo a 0°, avrei potuto tentare di calcolarne anche il diametro. Il pianetino in questione chiamato Mamoru e numerato con il 4613 (in onore di Mamoru Mohri, fig. 1), fa parte della main belt (MBA), http://en.wikipedia.org/wiki/Asteroid_belt , ed e' stato scoperto nel 1990 a Sapporo dall'astronomo giapponese Watanabe. Per cercare di determinare esattamente questi parametri, ho effettuato per ogni nottata con il meteo favorevole, dalle 200 alle 300 immagini, con filtri fotometrici alternati V ed R, così da determinare l'indice di colore V-R. In 8 sessioni ho potuto calcolare con buona precisione la curva di luce ed il conseguente periodo di rotazione, che corrisponde ad ore 5.388 +/- 0.001.

Ephemeris | Reset | ALCDEF/LCDB

ALC	Eph	CN	CS	Fav	AD	Num	Name	ODate	OMag	MDDate	MDist	BDate	BMag	BDec	PF	Period	AmpMin	AMax	U
◉	☐	Y	N	Y	N	4613	Mamoru	11 15.1	13.4	11 08.3	0.880	11 11.1	13.4	+04					

Ephemeris | Reset | ALCDEF/LCDB

FIG. 2: *Estratto dalla schermata del Minor Planet CALL: si puo' notare come dell'asteroide 4613 Mamoru non sia conosciuto ne' il periodo di rotazione e tantomeno il diametro*

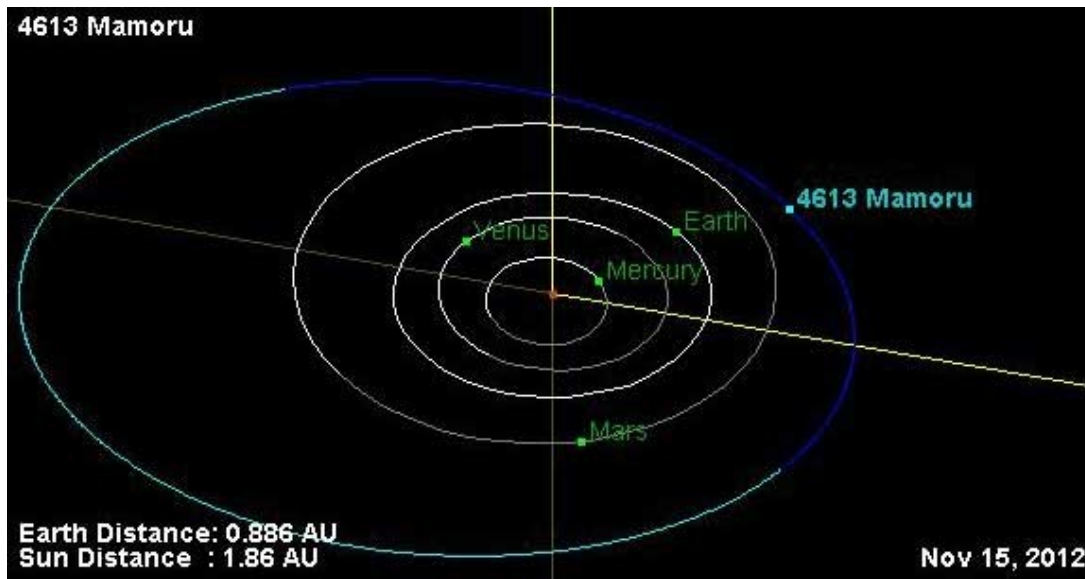



FIG. 4: *L'orbita del pianetino Mamoru in opposizione a meta' novembre 2012*

Mi ha sorpreso la curva di luce ottenuta, che presentava un'ampiezza insolitamente elevata (0.26 mag), fig. 5.
E pertanto che nei Data Base del MPC non fosse riportato il periodo di rotazione, mi ha stupito. Capita spesso di trovare nell'elenco dei target del Minor Planet Center degli asteroidi da seguire, senza un valore preciso del periodo di rotazione (o comunque con un valore approssimato), ma ciò normalmente avviene per due motivi o perché l'asteroide presenta una curva di luce con un'ampiezza *piatta* (dell'ordine cioè dei centesimi di magnitudine, abbastanza frustrante per il ricercatore...) oppure a causa della quasi perfetta sfericità della sua forma (un fatto alquanto improbabile per asteroidi di piccole e medie dimensioni), mentre solitamente risulta più verosimile che una curva *piatta* sia in relazione ad un *angolo di aspetto* non favorevole (angolo tra terra, centro asteroide e suo asse di rotazione).
Può anche accadere che la carenza di dati possa essere dovuta al disinteresse degli osservatori che non hanno seguito adeguatamente l'asteroide perché esso è un rotatore lento (in altre parole, ha un periodo di rotazione di parecchie decine di ore). Ma, nel caso specifico, nessuna delle circostanze elencate si è verificata e, verosimilmente, l'assenza di dati è semplicemente dovuta al fatto che nessun astronomo o astrofilo ha mai avuto tempo per seguirlo.
Una volta ricavata la curva di luce, ho cercato di stimarne il diametro, i passaggi per arrivare alla stima del diametro sono stati i seguenti:

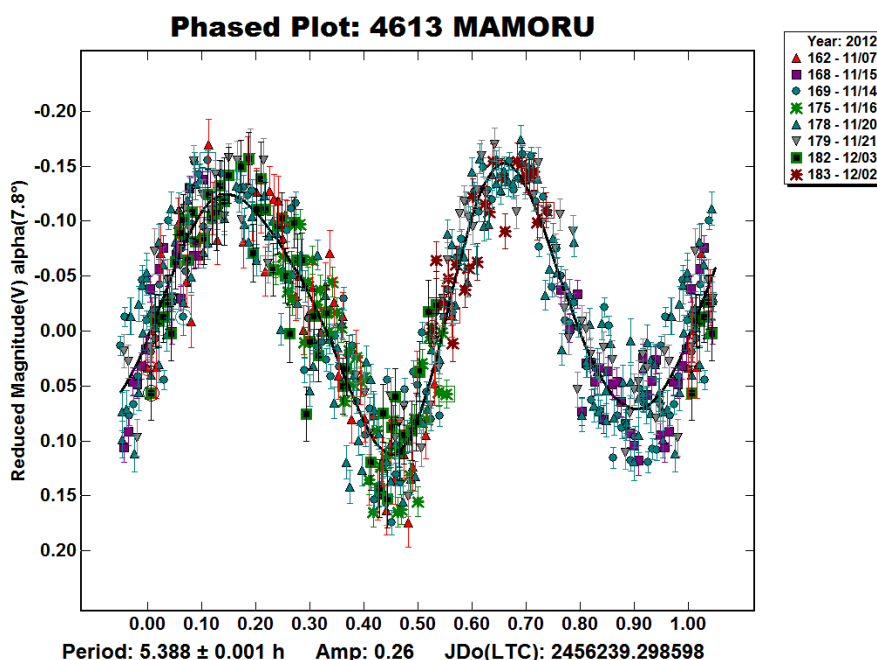



FIG. 5: *La curva di luce in banda V dell'asteroide 4613 Mamoru. Si notano i due minimi che dipendono dalla forma leggermente oblunga dell'asteroide, se l'asteroide fosse perfettamente sferico la curva sarebbe piatta (a meno di particolari zone di albedo). La curva di luce determina il periodo sinodico di rotazione dell'asteroide.*

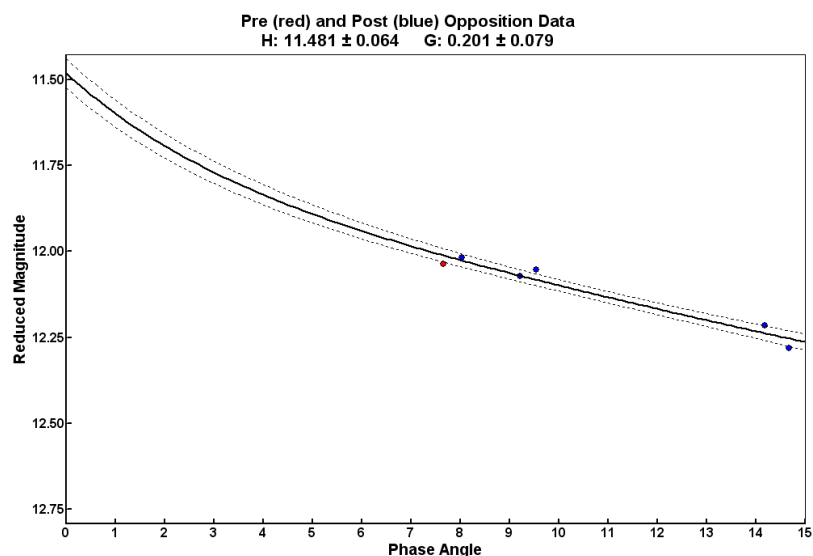



Fig. 6: *La curva di fase dell'asteroide 4613 Mamoru, ottenuta con il sowtware MPO Canopus utilizzando l'utility H/G calculator, con questa utility basta inserire le magnitudini apparenti (in banda V), lo stesso software determina le magnitudini ridotte, la curva di fase e la magnitudine assoluta.*

1) **Determinazione della *magnitudine ridotta***: la luminosità di un asteroide (non tenendo conto dell'effetto di rotazione, oppure assumendo che un asteroide sia perfettamente sferico) varia sia in relazione alla distanza che in relazione all'angolo di fase α (angolo terra, centro asteroide e sole), pertanto l'introduzione della magnitudine ridotta serve ad uniformare l'effetto della distanza: si è quindi stabilito che la magnitudine ridotta è la magnitudine che avrebbe l'asteroide posto ad una distanza di 1 unità astronomica dalla terra e dal sole, mantenendo comunque inalterato l'angolo di fase α all'atto dell'osservazione. La magnitudine ridotta e' data dalla formula:

$$H(\alpha)=V-5\log(r*d)$$

dove: α angolo di fase; V la magnitudine in banda V;
R è la distanza Sole—asteroide; d è la distanza Terra—asteroide.

2) **Creazione del grafico della *curva di fase*** (fig. 6): in ascissa vengono riportati i gradi dell'angolo di fase ed in ordinata le relative magnitudini ridotte ricavate dalle nostre osservazioni (in corrispondenza del picco massimo sulla curva di luce), si ottiene cosi un grafico che ha una pendenza costante e lineare tra 10 e 20°, mentre non è piu' lineare tra 7° e 0° (opposizione), la pendenza della curva tra 10 e 20° rappresenta lo *slope parameter* G e dipende soprattutto dall'albedo dell'asteroide (che a sua volta dipende dalla relativa classe tassonomica), normalmente tale parametro G vale 0.15.

Il punto in cui la curva intercetta l'asse delle ordinate rappresenta la magnitudine assoluta H, con la quale determiniamo le dimensioni dell'asteroide.

Come si vede dalla fig. 6, abbiamo ottenuto una magnitudine assoluta H, in banda V, pari a 11.481+/-0.064 che si accorda molto bene con quanto riportato sul sito *JPL Small-Body Database Browser* H=11.80 (fig. 2).

3) **Stima dell'indice di colore V-R**: e' stata presa la media dei valori V-R di 40 osservazioni, ottenendo un valore V-R = 0.41

4) **Stima dell'albedo e della classe tassonomica**: l'indice di colore e' necessario per la determinazione

Table 1. Mean values of albedos and color indices for the basic asteroid types

Type	⟨p_v⟩	⟨U–B⟩	⟨B–V⟩	⟨V–R⟩	⟨R–I⟩
C	0.06 ± 0.02	0.32 ± 0.08	0.69 ± 0.03	0.38 ± 0.05	0.35 ± 0.05
S	0.20 ± 0.07	0.45 ± 0.05	0.86 ± 0.04	0.49 ± 0.05	0.41 ± 0.06
M	0.17 ± 0.04	0.25 ± 0.06	0.72 ± 0.09	0.42 ± 0.04	0.40 ± 0.05
E	0.52 ± 0.03	0.25 ± 0.03	0.72 ± 0.04	–	–

Fig. 7: *Come si vede da questa tabella, ad un indice di colore V-R= 0.41 corrisponde un albedo Pv di 0.17 la relativa classe tassonomica e' di tipo M (Metallic) Shevchenko&Lupishko 1998*

Table 2. Mean values of parameter G and linear phase coefficients of brightness and of color indices

Type	⟨G⟩	⟨β_V⟩	⟨β_{U-B}⟩	⟨β_{B-V}⟩
C	0.07 ± 0.01	0.043 ± 0.001	–0.0007 ± 0.0012	0.0011 ± 0.0004
S	0.24 ± 0.01	0.030 ± 0.001	0.0014 ± 0.0003	0.0013 ± 0.0003
M	0.20 ± 0.02	0.032 ± 0.001	–0.0013 ± 0.0017	0.0016 ± 0.0004
E, R	0.49 ± 0.02	0.024 ± 0.002	-	0.0038 ± 0.0006

SOLAR SYSTEM RESEARCH Vol. 32 No. 3 1998

Fig. 8: *Ad uno slope parameter G= 0.201 corrisponde una classe tassonomica di tipo M (Metallic) Shevchenko&Lupishko 1998*

Allo scopo viene presa come base la tabella redatta da *Shevchenko&Lupishko 1998*, dove un indice di colore V -R= 0.41 corrisponde un albedo Pv 0.17 +/-0.04 (fig. 7) che a sua volta porta ad una classe tassonomica di tipo M (Metallic). La classe tassonomica M (Metallic) e' confermata anche dalla tabella di fig. 8 (redatta sempre da *Shevchenko&Lupishko 1998*), questa volta non in relazione all'indice di colore V-R, ma allo *slope parameter* G, che l'utility *H/G calculator* del software MPO Canopus ha confermato essere pari a 0.201+/-0.079 anche questo parametro porta ad una classe tassonomica M.

Considerazioni sull'importanza della stima d'albedo

Il parametro albedo (percentuale della luce del sole che viene riflessa dall'asteroide, ad esempio un asteroide con un albedo 0,1 che riflette quindi solo il 10% della luce è abbastanza scuro; la Luna che ha albedo medio 0,07 riflette solamente il 7% ed ha un colore simile all'ardesia delle lavagne) è una grandezza determinante per la stima del diametro. Un asteroide con un albedo stimato elevato, porta ad un diametro minore, rispetto allo stesso asteroide che per errore fosse stato stimato con albedo basso, che apparirebbe, di conseguenza, con un diametro erroneamente maggiore. Pertanto un errore consistente nell'analisi, porta inevitabilmente a stime errate sul diametro dell'asteroide. Ne consegue che alla ricerca dell'albedo, basata su analisi di tipo fotometrico (indice di colore), sarebbe certamente auspicabile affiancare un'analisi della distribuzione spettrale della riflettanza dell'asteroide.

A tal fine cosa puo' fare un astrofilo? Mi sono rivolto al bravissimo Paolo Berardi, esperto in spettroscopia, ponendogli il problema. Egli sostiene che un'analisi spettrale della riflettanza è possibile, almeno per quegli asteroidi che hanno una luminosità accessibile ai telescopi amatoriali.

Si può anche utilizzare un semplice Star Analyzer 100 (reticolo di diffrazione da 100 linee, da avvitare sul naso della camera CCD). In fig. 9 è riportata la curva di riflettanza (linea nera) dell'asteroide Vesta (classe tassonomica V), ottenuta con una strumentazione professionale, alla quale Berardi ha sovrapposto (in linea blu), la curva di riflettanza da lui ricavata in osservazioni eseguite nel mese di gennaio scorso (Vesta in quel periodo aveva una magnitudine di circa 9).

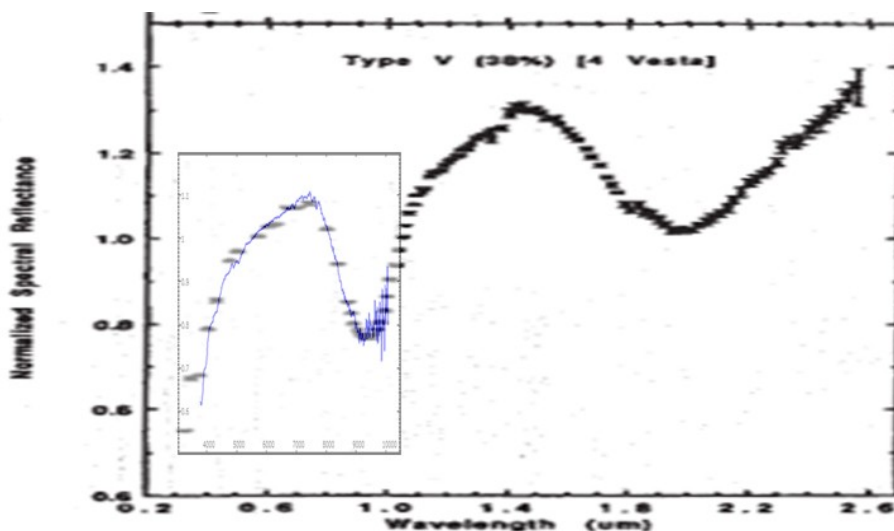



FIG. 9

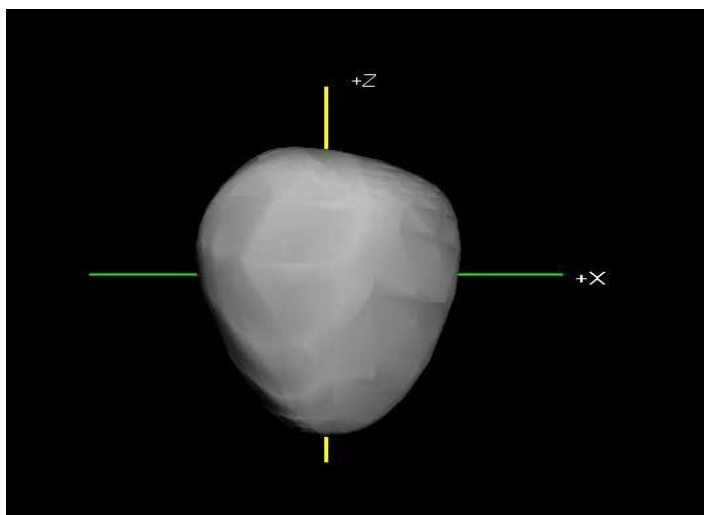



FIG. 10: *La forma dell'asteroide ricavata con l'inversione della curva di luce.*

Paolo ha "diviso" lo spettro di Vesta, ottenuto con lo Star Analyzer, con quello di una stella di classe spettrale simile al Sole (quella della "divisione" è un'operazione che si effettua con un software dedicato, ad esempio, ISIS, http://www.astrosurf.com/buil/isis/isis_en.htm) con una ripresa ottenuta ad un'altezza identica sull'orizzonte di quella d'asteroide e nella stessa serata (si veda anche la fig. 11, confronto tra lo spettro di Vesta e della stella 16 CygB). Dalla fig. 9 si evince che il limite nelle lunghezze d'onda con attrezzature amatoriali si ferma a circa 1000 nm (linea blu nel rettangolino), come anche dichiarato dallo stesso Berardi: "...Con questo tipo di osservazioni il limite nell'IR e' 1000 nm, (eliminando l'interferenza tra primo e secondo ordine) non e' possibile andare oltre in quanto e' ben evidente che oltre questo limite non c'è più alcun segnale per un mix di cose tra cui la sensibilità della camera e l'efficienza del reticolo. Quindi, nel quadro delle classi tassonomiche, asteroidali bisogna considerare questo limite. Per fortuna diverse caratteristiche si trovano già nei primi 1000 nm e quindi potrebbero essere discernibili le varie classi, sovrapponendo le nostre curve di riflettanza amatoriali con quelle professionali reperibili in letteratura". Quella suggerita da Berardi è certamente una strada da percorrere per le prossime osservazioni.

5) **Stima del diametro**: finalmente dopo aver trovato la magnitudine assoluta H e' possibile stimare il diametro dell'asteroide applicando la seguente formula:

D=(1329/√p)*10^(0.2H)

dove: p è l'albedo geometrico = 0.17; H la magnitudine assoluta 11.481;
Sostituendo i valori si ottiene un diametro di:

D= 16.30 Km

Sulla probabile forma dell'asteroide

La curva di luce oltre a determinare il periodo sinodico di rotazione fornisce anche indicazioni sull'aspetto dell'asteroide, infatti considerando che l'asteroide ha normalmente la forma di un elissoide triassiale (con semiassi a,b,c) e' possibile stabilire il rapporto tra gli assi a e b dalla formula:

a/b=10^(A/2.5)

prima di applicare questa formula, si normalizzerà il valore dell'ampiezza (nel nostro caso: 0.26 mag) ad un angolo di fase 0° applicando la seguente formula (Zappala' 1990):

A(0°) = A/(1+mα)

dove: A è l'ampiezza pari a 0.26; α valore medio angolo di fase nelle osservazioni pari a 10.1°; m è lo slope parameter dedotto dalla curva di fase pari a 0.201
Sostituendo si ottiene: A(0°) = 0.09

Ora sostituendo il valore di A= 0.09 nella prima formula a/b=10^(A/2.5), s i ottiene il rapporto tra gli assi:

a/b= 1.09

Si tratta pertanto di un asteroide leggermente oblungo.

A solo titolo di **curiosita'** utilizzando il software LC Invert, www.minorplanetobserver.com/MPOSoftware/MPOLCInvert.htm , tramite l'inversione della precedente curva di luce, e' stato prodotto anche il modello tridimensionale dell'asteroide, e' utile ribadire che con una sola curva di luce non e' assolutamente possibile stabilire con esattezza la forma dell'asteroide (vedasi

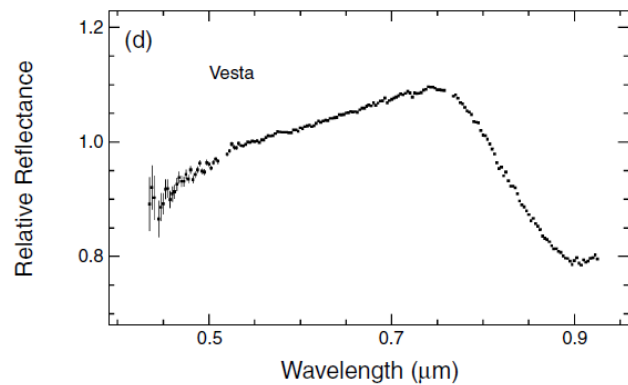
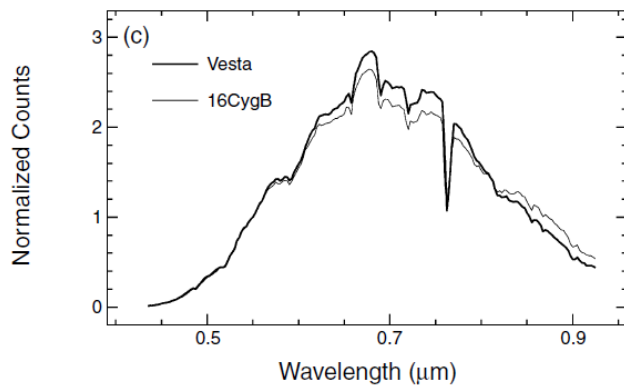
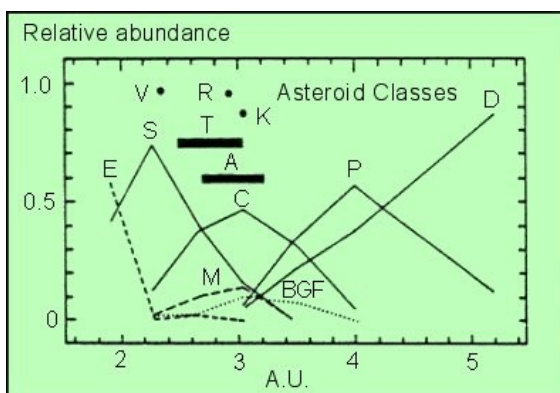



FIG. 11: *A sinistra, confronto tra gli spettri (normalizzati) di Vesta e della stella 16CygB (un analogo solare). A destra, Spettro di Vesta "diviso" per l'analogo solare 16CygB, normalizzato a 550 nm (da: Schelte J. Bus et al., "Visible-Wavelength Spectroscopy of Asteroids")*

l'ottimo articolo pubblicato sul numero 15 di *Astronomia Nova*, dall'astronomo Lorenzo Franco), pertanto l'immagine di fig. 10 non e' da considerarsi corrispondente alla forma esatta dell'asteroide, è tutt'al più utile per far comprendere visivamente il rapporto tra gli assi.

Di seguito le caratteristiche fisiche ricavate dopo 8 sessioni dell'asteroide 4613 MAMORU:

Periodo sinodico di rotazione	5.388+/-0.001 h
Indice di colore V-R	0.41
Probabile classe tassonomica	M (metallic)
Magnitudine assoluta	11.481 +/-0.064
Slope Parameter G	0.201+/-0.079
Diametro medio stimato	16.30 Km

Il semiasse maggiore a dell'asteroide 4613 Mamoru e' di 2.6 AU, e anche questo grafico, che mette in relazione la distanza eliocentrica-distribuzione tassonomica, conferma che probabilmente esso appartiene alla classe tassonomica M (da: S.R. Taylor, Solar System Evolution, 2001)

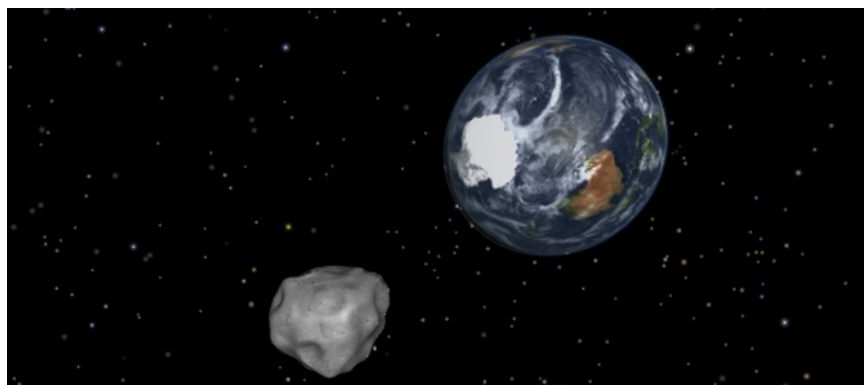
Giovanni Battista Casalnuovo e' insegnante presso la scuola F.Filzi di Laives (Bolzano), ed e' membro dell'associazione ACGG (Associazione Culturale Galileo Galilei) di Bolzano, che ha ottenuto il codice osservativo dal Minor Planet Center n. C62. Osserva dal centro di Bolzano, con una strumentazione del tutto amatoriale:

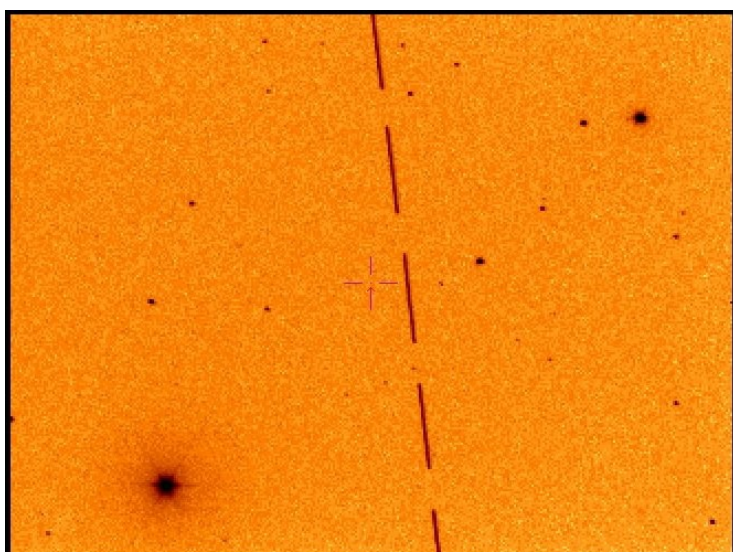
- riflettore Vixen 200 f4
- Eq5 pro, gestita da software Cartes du Ciel
- CCD Mag Z-9
- Ruota portafiltri motorizzata Atik

L'autore ringrazia (ancora una volta) Lorenzo Franco per gli spunti che sono serviti a sviluppare questa analisi ripresa dai suoi lavori, e P.aolo Berardi per le informazioni sulle tecniche spettroscopiche applicate allo studio degli asteroidi.

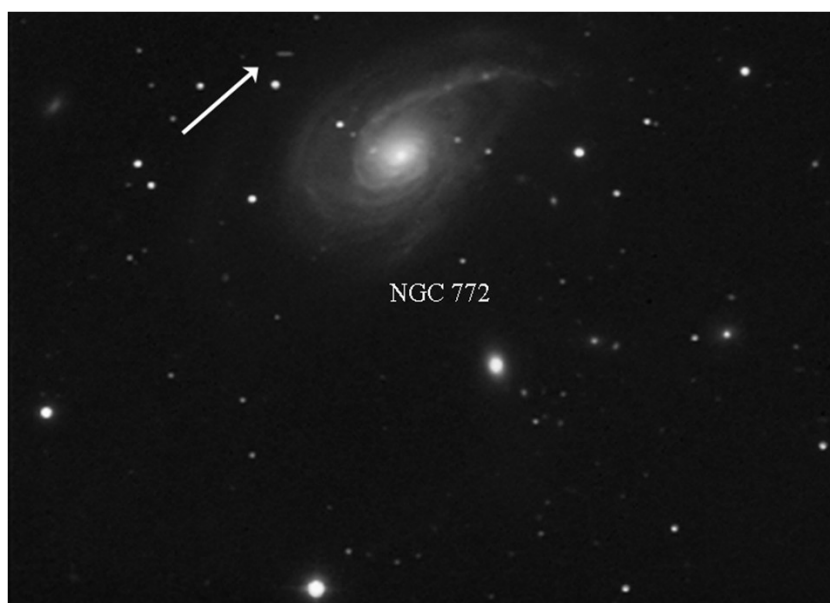
Associazione Astrofili Civitavecchia
Astrofotografia
Artistica
di Marco Meniero
Giovedi 28Febbraio, ore 18:00
presso AUSER, via Santa Barbara 5
Civitavecchia, RM

15 FEBBRAIO: L'ASTEROIDE 2012 DA14 HA SFIORATO LA TERRA

NESSUN LEGAME CON LA PIOGGIA DI METEORITI IN RUSSIA

Il 15 febbraio l'asteroide 2012 DA14, del diametro di circa 50 metri, ha sfiorato la Terra ad una distanza di soli 27.700 chilometri. Il passaggio ravvicinato è avvenuto intorno alle 20,40; in quel momento l'asteroide stava sorvolando l'Oceano Indiano alla velocità di 7,8 chilometri al secondo. Nello stesso giorno, una terrificante pioggia di meteoriti ha colpito alcune città russe negli Urali, provocando oltre mille feriti, tra i quali 200 bambini. Si è davvero sfiorata una catastrofe cosmica!
Andrea Milani, dell'università di Pisa, uno dei maggiori esperti di meccanica celeste, responsabile del gruppo di ricerca NeoDyS, specializzato nel calcolare le orbite degli asteroidi più vicini alla Terra, ha affermato che non c'è nessun legame tra la pioggia di meteoriti negli Urali e il passaggio di 2012 DA14, ''Tra i due eventi - ha detto - non c'è alcuna relazione''. Ciò non vuol dire che dobbiamo abbassare la guardia e far finta che il problema dell'impatto di oggetti cosmici sia facilmente gestibile e che comunque non costituisca un pericolo reale per il pianeta e l'umanità. «Asteroidi della taglia del 2012 DA14 potrebbero cadere sulla Terra una volta ogni 1200 anni – ha ricordato Don Yeomans, uno dei maggiori esperti di corpi minori del sistema solare al JPL della Nasa– innescando una catastrofe globale analoga a quella che ha annientato i dinosauri 65 milioni di anni fa. L'energia liberata dallo scoppio sarebbe di 2,5 megaton vale a dire una potenza 150 volte superiore alla bomba atomica di Hiroshima».

Matteo Lombardo ci segnala questo video: https://www.youtube.com/watch?v=ogtfaw-S3Ow

L'asteroide 2012 DA14 ripreso al telescopio Schmidt 67/92 dell'Osservatorio dell'Inaf a Cima Ekar, ad Asiago, da Paolo Ochner e Domenico Nardiello (cortesia: prof. Cesare Barbieri).

L'ASTEROIDE (21891) ANDREABOCELLI
CRONACA DI UNA SCOPERTA

Sauro Donati
http://saudon.anisn.it/io.htm

La freccia indica la debole traccia dell'asteroide 1999 VZ2 (ora dedicato ad Andrea Bocelli), la sera della scoperta. L'immagine è il risultato della somma di tre frames da 60 secondi, ottenuti la sera del 1 Novembre 1999, il primo dei quali alle ore 21:12:55 UT. Nel campo compare una galassia: si tratta della splendida NGC 772, in Ariete, che quattro anni più tardi ospiterà ben due supernove.

Ho scoperto l'asteroide 21891 Andreabocelli in una fredda notte di Novembre del 1999.
Quell'anno fu molto generoso con me, perché mi offrì la possibilità di scoprire un discreto numero di pianetini. Per la verità, quella possibilità l'avevo ampiamente cercata, trascorrendo molte notti all'osservatorio di Monte Agliale, in compagnia di un telescopio da 50 cm, al cui fuoco era posizionato un sensore CCD, il celebre SBIG St6.

Il telescopio di 50 cm dell'Osservatorio di Monte Agliale , nel Comune di Borgo a Mozzano (LU)

La mia *ricetta* in quel periodo era semplice: recarsi all'osservatorio all'imbrunire, raffreddare il CCD, trovare la giusta messa a fuoco e iniziare le riprese, anche in presenza parziale di nubi!
Allora il telescopio non era automatizzato e così, sia i puntamenti che la focheggiatura, dovevano essere fatti rigorosamente a mano. La difficoltà delle operazioni, il tempo perso per inquadrare l'area cercata e la lentezza del sensore di ripresa, mi obbligavano a ottimizzare al massimo la sessione osservativa, così cercavo di rintracciare non solo asteroidi, ma anche supernove, riprendendo campi stellari che contenessero galassie.
La scelta delle inquadrature mi erano suggerite dal programma *Megastar*, grazie al quale individuavo i luoghi del cielo dove gli asteroidi si muovevano più rapidamente. In tali aree, il telescopio di Monte Agliale era in grado di rivelare uno spostamento ogni 6 minuti circa, questo mi consentiva di effettuare un numero maggiore di puntamenti. Se dopo tale tempo all'interno del campo inquadrato non si muoveva nulla, era il momento di cambiare zona. Se invece percepivo uno spostamento, aspettavo altri 6 minuti per avere la terza imma-

Posizione dell'asteroide ***21891 Andreabocelli*** *sulla sua orbita, il 10 luglio 2013, quando si troverà a circa 237 milioni di chilometri dalla Terra, in prossimità dell'opposizione. Le sue dimensioni sono all'incirca quelle di una montagna di un chilometro di altezza. Nella figura sotto, una raffigurazione artistica dell'asteroide.*

gine di conferma.

La modalità di ricerca si rivelò vincente, consentendomi di individuare una quarantina di corpi celesti nell'arco di 14 mesi. Di questi poco più della metà fui in grado di ritrovarli nelle sere successive, assicurandomene la paternità.

Tra essi c'era anche il mio trentesimo asteroide, che molto più tardi sarebbe diventato **Andreabocelli.**

Dalle prime informazioni si seppe che apparteneva alla fascia principale, che distava dal sole poco meno di 400 milioni di Km e percorreva la sua orbita in 3,7 anni. Le sue dimensioni furono stimate nell'ordine di un Km.

Dopo la conferma della scoperta che, a causa del maltempo, avvenne la settimana successiva, al pianetino fu assegnata la sigla provvisoria di 1999VZ2. In seguito, una volta conosciuta l'orbita definitiva, la sigla fu trasformata nel numero 21891, che rappresentava il totale dei pianetini conosciuti fino a quel momento.

Si consideri che il numero attuale è superiore a 350000. Nonostante che da oltre 10 anni non sia più un assiduo scopritore di asteroidi (l'Osservatorio di Monte Agliale è utilizzato quasi esclusivamente per la ricerca di supernove), sono pochissimi quelli a cui fino a oggi ho dato un nome e quando lo scorso Ottobre Rodolfo Calanca mi proposte Andrea Bocelli, fui ben felice di accettare.

Così, una volta preparata la *citation*:

(21891) Andreabocelli = 1999 VZ2
Andrea Bocelli (b. 1958) is an Italian tenor renowned worldwide as a pop music, opera and crossover performer. He has sold over 80 million CDs worldwide and in 2010 received a star on the Hollywood Walk of Fame for his contribution to live theater.

inviai una mail al Minor Planet Center, presso lo Smithsonian Astrophysical Observatory di Cambridge nel Massachusetts.

Nel mese di Dicembre la Commissione Internazionale responsabile delle nomine, acconsentì alla proposta.

Nel 2013, intorno alla metà di Luglio, il pianetino **Andreabocelli** si troverà in opposizione e sarà possibile osservarlo tra le stelle del Sagittario, con quei telescopi che possono registrare stelle di 18^ magnitudine.

Sauro Donati dal 1986 si interessa dei sistemi di acquisizione delle immagini astronomiche, lavorando poi per anni con un diversi telescopi. Dal Novembre '98 per mezzo del grande telescopio da 50cm dell'osservatorio di Monte Agliale ha scoperto qualche decina di Asteroidi. Attualmente lavoro con uno SC da 12" con un CCD Sbig St9XE oltre a un Newton 20cm a f/4 e una Nikon D200 modificata. Nel 2007 ho scoperto la supernova 2007RU e successivamento ho collaborato per la scoperta di altre supernove con l' Osservatorio di Monte Agliale.

L'ASTEROIDE (100553) DARIOFO

Il premio Nobel Dario Fo con Rodolfo Calanca.

Il noto astrofilo Vittorio Goretti ha dedicato al premio Nobel Dario Fo l'asteroide **(100553) Dariofo**, con la seguente motivazione:

100553 Dariofo - Discovered 1997 Apr. 2 by V. Goretti at Pianoro.

Dario Fo (b. 1926) is an Italian satirist, playwright, theatre director, actor, composer and recipient of the 1997 Nobel Prize in Literature. His dramatic work employs comedic methods of the ancient Italian "commedia dell'arte", a theatrical style popular with the working classes. Name suggested by Rodolfo Calanca.

Si tratta di un asteroide Mars Crosser, che incrocia cioè l'orbita di Marte.

A sinistra, la posizione sulla sua orbita dell'asteroide Dario Fo il 19 febbraio 2013. In alto, una rappresentazione artistica (pertanto di fantasia!), dell'asteroide.